

# Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS

4º Relatório Anual – Ciclos 1 a 8

Volume I: Apresentação e Discussão de Resultados

Orientados aos Objetivos



Revisão 01

E&P

Dezembro/2019



**Projeto de Monitoramento  
de Cetáceos na Bacia de Santos  
PMC-BS**

**4º Relatório Anual – Ciclos 1 a 8**

**Volume I: Apresentação e Discussão de Resultados  
Orientados aos Objetivos**

**Revisão 01  
Dezembro / 2019**



**E&P**

## CONTROLE DE REVISÕES

	Original	Rev. 01	Rev. 02	Rev. 03	Rev. 04
<b>Data</b>	29/11/2019	16/12/2019			
<b>Elaboração</b>	Leonardo Wedekin, Alexandre Paro, Ana Cypriano, Fábio Daura-Jorge, Carolina Bezamat, José Olímpio, Marcos Rossi-Santos, Marta Cremer	Leonardo Wedekin			
<b>Verificação</b>	Aline Fernandes, José Olímpio e Leonardo Wedekin	Aline Fernandes, José Olímpio			
<b>Aprovação</b>	José Olímpio	José Olímpio			

## ÍNDICE GERAL

LISTA DE QUADROS .....	13
LISTA DE FIGURAS .....	14
LISTA DE ANEXOS .....	31
APRESENTAÇÃO.....	32
EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO 4º RELATÓRIO ANUAL DO PMC-BS.....	33
I. INTRODUÇÃO.....	34
II. RESUMO EXECUTIVO .....	36
III. MÉTODOS.....	39
III.1 Plataformas de Pesquisa.....	41
III.2 Avistagem Embarcada .....	45
III.3 Monitoramento Acústico Passivo (MAP) .....	47
III.4 Avistagem Aérea .....	53
III.5 Telemetria .....	57
III.6 Fotoidentificação .....	64
III.7 Coleta de biópsias .....	66
IV. ESFORÇO E TAMANHO AMOSTRAL POR ÁREA TEMÁTICA.....	69
IV.1 Avistagem Embarcada .....	74
IV.2 Monitoramento Acústico Passivo.....	77
IV.4 Avistagem Aérea .....	81
IV.5 Telemetria .....	84
IV.6 Fotoidentificação .....	90
IV.7 Coleta de biópsias .....	96
V. RESULTADOS E DISCUSSÃO ORIENTADA PARA OS OBJETIVOS .....	100
V.1 Comunidade de cetáceos .....	100
V.1.1 Composição e estrutura da comunidade de cetáceos .....	100
V.1.2 Identificação Molecular das Espécies .....	111
V.2 Distribuição, Uso de Habitat e Movimentos .....	119
V.2.1 Distribuição e uso de habitat considerando interferências antrópicas .....	119

---

V.2.2	Movimentos.....	157
V.3	Biologia populacional.....	203
V.3.1	Estimativas de densidade e abundância de cetáceos .....	203
V.3.2	Diversidade genética .....	226
V.3.3	Proporção Sexual .....	238
V.3.4	Estrutura de populações por genética .....	242
V.4	Padrões comportamentais.....	269
V.4.1	Comportamento de mergulho .....	269
V.4.2	Perfil de mergulho e comportamento acústico .....	297
V.4.3	Repertório acústico .....	297
V.5	Estado de Saúde e Grau de Contaminação .....	333
V.5.1	Análise de lesões de pele .....	333
V.5.2	Contaminantes.....	346
VI.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	378
VI.1	Avanços obtidos em relação aos anos anteriores .....	378
VI.2	Avaliação Crítica dos Resultados orientada para os objetivos .....	381
VI.3	Produção acadêmica do PMC-BS .....	384
VI.4	Avaliação de aspectos antrópicos .....	386
VII.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	391
VIII.	ANEXOS.....	426

## LISTA DE TABELAS

Tabela IV.1-1: Resumo do esforço e tamanho amostral nas Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC-BS.....	76
Tabela IV.2-1: Resumo do esforço e tamanho amostral nas Campanhas de MAP do PMC-BS.....	78
Tabela IV.2-2: Lista do número total de arquivos de áudio e volume do PAMGUARD e do ISHMAEL separados por ciclo e o total para quatro anos de PMC-BS. ISH = gravações do programa ISHMAEL. PG = gravações do programa PAMGUARD .....	79
Tabela IV.2-3: Número de registros acústicos realizados durante os quatro anos do PMC-BS, identificados pelos diferentes grupos taxonômicos catalogados na SONOTECA. ....	80
Tabela IV.4-1:Resumo do esforço e tamanho amostral das Campanhas de Avistagem Aérea dos primeiros quatro anos do PMC-BS. ....	83
Tabela IV.5-1: Resumo do esforço e tamanho amostral realizado nas Campanhas de Telemetria em quatro anos do PMC-BS. ....	85
Tabela IV.5-2: Espécies de cetáceos marcadas com sucesso com transmissores satelitais, usando diferentes sistemas de ancoragem, e DTAGs durante as oito Campanhas de Telemetria na Bacia de Santos. I = implantável; L = LIMPET. ....	89
Tabela IV.5-3: Duração (em dias) da coleta de dados dos transmissores satelitais implantados em cetáceos de acordo com tipo de ancoragem durante as oito Campanhas de Telemetria do PMC na Bacia de Santos.....	89
Tabela IV.6-1: Resumo dos dados processados por ciclos e campanhas embarcadas do PMC-BS (A – Avistagem e MAP; T – Telemetria).....	90
Tabela IV.6-2: Registros fotográficos do PMC-BS utilizados para cada espécie, com número acumulado até o 6º ciclo e até o 4º ano, e detalhamento para o 7º e 8º ciclos (T – telemetria; A = Avistagem e MAP. ....	91
Tabela IV.6-3: Número de indivíduos em cada catálogo do PMC-BS, acumulado por espécie até o 6º Ciclo e atualizado para o 7º Ciclo (T7 – Telemetria do 7º Ciclo;	

A7 – Avistagem e MAP do 7º Ciclo) e 8º Ciclo (T8 – Telemetria do 8º Ciclo; A8 – Avistagem e MAP do 8º Ciclo).....	92
Tabela IV.7-1: Número de amostras por espécie amostrada, após cada campanha do PMC na Bacia de Santos. A1 a A8 – Avistagem e MAP do 1º ao 8º ciclo; T1 a T8 – Telemetria do 1º ao 8º ciclo.....	98
Tabela IV.7-2:Número de amostras de Odontocetos e Mysticetos coletadas durante as campanhas de Avistagem/MAP e de Telemetria do 1º ao 8º ciclo do PMC-BS.....	99
Tabela V.1-1: Lista de espécies de cetáceos identificadas em quatro anos de atividade do PMC-BS em cada tipo de campanha. Status de conservação conforme a Portaria do MMA nº 444/2014 e, quando não consta na lista nacional, conforme IUCN (2018). Tipo de campanha: E = Avistagem Embarcada; A = Avistagem Aérea; T = Telemetria; M = Monitoramento Acústico Passivo. Status de Conservação: CR = Criticamente em Perigo; EM = Em Perigo; VU = Vulnerável; QA = Quase Ameaçada; BR = Baixo Risco; DD = Deficiente em Dados. ....	103
Tabela V.1-2: Espécies identificadas em quatro anos de atividade do PMC-BS nas Campanhas de Avistagem Embarcada e Campanhas de Telemetria, frequência de avistagem, número de indivíduos, tamanho de grupo e taxa de encontro (número de avistagens por 100 milhas náuticas percorridas).....	109
Tabela V.2-1:Esforço amostral por plataforma e avistagens de misticetos e odontocetos durante os quatro anos de PMC-BS em Unidades de Conservação da Bacia de Santos.....	126
Tabela V.2-5:Variáveis consideradas na modelagem de habitat dos cetáceos na Bacia de Santos.....	150
Tabela V.2-6:Modelos Generalizados Lineares (GLM) considerando os efeitos de variáveis ambientais e antrópicas no número de detecções de odontocetos observados durante o PMC na Bacia de Santos. ....	152
Tabela V.2-7:Modelos Generalizados Lineares (GLM) considerando os efeitos de variáveis ambientais e antrópicas no número de detecções de misticetos observados durante o PMC na Baía de Santos.....	154

Tabela V.2-9: Informações sobre os indivíduos marcados com sucesso com transmissores satelitais nas Campanhas de Telemetria do PMC-BS. PTT = número de identificação do transmissor no sistema Argos (Platform Transmitter Terminal); D <sub>marcação</sub> = data de marcação do indivíduo; P <sub>total</sub> = total de pontos de localização recebidos; P <sub>filtro</sub> = total de pontos resultantes após a filtragem; % <sub>pt_filtro</sub> = percentual de pontos restantes após a utilização do filtro; D <sub>total</sub> = distância percorrida pelo indivíduo desde a data de marcação até o último ponto registrado, em km; D <sub>média</sub> = distância média percorrida por dia em km.....	160
Tabela V.2-10: Características dos movimentos das espécies marcadas com transmissores satelitais ao longo dos quatro anos de PMC-BS, considerando os indivíduos para os quais foram obtidas informações. Média ± Desvio padrão (Mínimo – Máximo). Faixa latitudinal mínimo e máximo em graus decimais. ....	163
Tabela V.3-1: Variáveis utilizadas para modelar a curva de detecção durante as Campanhas de Avistagem Embarcada e Aérea do PMC-BS.....	206
Tabela V.3-2: Esforço amostral e dados sobre avistagens de cetáceos observados durante as campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS. Camp = campanha; mn = milhas náuticas; DP = desvio padrão. ....	207
Tabela V.3-3: Modelos de detecção para misticetos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike). k = número de parâmetros. ....	208
Tabela V.3-4: Estimativa de densidade e abundância de misticetos durante as campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS. Camp = campanha; n = número de detecções; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. ....	209
Tabela V.3-5: Estimativa de densidade e abundância da baleia-jubarte durante as campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS. Camp = campanha; n = número de detecções; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. ....	211

---

Tabela V.3-6: Modelos de detecção para delfinídeos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike). k = número de parâmetros. ....	211
Tabela V.3-7: Estimativa de densidade e abundância de delfinídeos durante as campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS. Camp = campanha; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. ....	212
Tabela V.3-8: Estimativa de densidade e abundância do golfinho-pintado-do-Atlântico durante as campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS. Camp = campanha; n = número de detecções; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. ....	214
Tabela V.3-9: Estimativa de densidade e abundância do golfinho-nariz-de-garrafa durante as campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC - BS. Camp = campanha; n = número de detecções; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. ....	216
Tabela V.3-10: Esforço amostral e dados sobre avistagens de cetáceos observados durante as campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC-BS. Camp = campanha; km = quilômetros; DP = desvio padrão.....	217
Tabela V.3-11: Modelos de detecção para misticetos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike). k = número de parâmetros. ....	218
Tabela V.3-12: Estimativa de densidade e abundância de misticetos durante as campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC-BS. Camp = campanha; n = número de detecções; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. ....	220
Tabela V.3-13: Modelos de detecção para delfinídeos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike). k = número de parâmetros. ....	221
Tabela V.3-14: Estimativa de densidade e abundância de delfinídeos durante as campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC - BS. Camp = campanha; n = número de detecções; N = estimativa de abundância; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. ....	223

---

---

Tabela V.3-15: Diversidade do DNA mitocondrial das espécies de cetáceos amostradas na Bacia de Santos. n = número de amostras, Seq. (pb) = sequência em pares de bases, S = sítios polimórficos, H = haplótipos, h = diversidade haplotípica, $\pi$ = diversidade nucleotídica (%). ....	229
Tabela V.3-16: Diversidade dos locos de microssatélites dos cetáceos amostrados na Bacia de Santos. n = número de amostras, N = número de locos, A = número médio de alelos por loco, $H_o$ = heterozigosidade observada, $H_E$ = heterozigosidade esperada, $P_{(ID)}$ e $P_{(ID)sib}$ = probabilidades de identidade..	233
Tabela V.3-17:Número de machos e fêmeas identificados geneticamente e proporção sexual (F:M = fêmeas para machos) para cada espécie amostrada nas campanhas de Telemetria e de Avistagem Embarcada e MAP do PMC-BS. *Inclui 2 amostras (1 macho e 1 fêmea) coletadas no norte do estado de Santa Catarina .....	239
Tabela V.3-18:Frequência dos haplótipos (458 pares de base) da região controle do DNAmt de <i>Tursiops truncatus</i> na Bacia de Santos (BS) e haplótipos compartilhados e privados entre os <i>T. truncatus</i> dos ecótipos costeiro e oceânico do sul do Brasil (FRUET et al., 2017) e oceânico do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (CASTILHO et al., 2015). * indivíduos amostrados na área oceânica. ....	246
Tabela V.3-19:Frequência dos haplótipos (317 pares de base) da região controle do DNAmt de <i>Tursiops truncatus</i> na Bacia de Santos (BS) e haplótipos compartilhados e privados entre os <i>T. truncatus</i> do sul do Brasil (COSTA et al., 2017), ecótipos costeiro e oceânico (FRUET et al., 2017), e oceânico do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (CASTILHO et al., 2015). * indivíduos amostrados na área oceânica. ....	250
Tabela V.3-20:Frequência dos haplótipos da região controle do DNAmt de <i>Stenella frontalis</i> na Bacia de Santos (BS). N = número de indivíduos amostrado em área costeira ou oceânica.....	258
Tabela V.4-1:Características dos mergulhos das espécies marcadas com transmissores satelitais ao longo dos quatro anos de PMC-BS. ....	271
Tabela V.4-2:Descrição das 50 variáveis acústicas medidas para os assovios de delfinídeos na Bacia de Santos segundo o algoritmo ROCCA (Real-time	

---

Odontocete Call Classification Algorithm), pacote integrante do programa PAMGUARD.....	299
Tabela V.4-3:Espécies/gêneros de delfinídeos amostrados e número de encontros com registros de assovios na Bacia de Santos; tabela ordenada pelas espécies com maior número de assovios.....	304
Tabela V.4-4:Sumário dos parâmetros acústicos dos assovios das espécies de delfinídeos registrados no PMC-BS. Valores indicam a média, desvio padrão e o mínimo e máximo entre parênteses.....	307
Tabela V.4-5:Classificadores dos assovios considerados para identificação da espécie de delfinídeo na Bacia de Santos, ordenados pelo maior percentual de classificações corretas.....	311
Tabela V.4-6:Matriz de confusão das classificações dos assovios por espécies de delfinídeos da Bacia de Santos segundo o classificador Florestas Aleatórias com todas as variáveis. Diagonal (em negrito) representa o número de classificações acertadas da espécie pelo modelo.....	312
Tabela V.4-7:Número total acumulado de detecções de cachalote no PMC-BS, separado por campanha, tipo de vocalização (clique usual ou clique lento) e número de detecções que permitiu fazer a estimativa de distância e número de indivíduos, pressuposto para elaboração das estimativas de densidade populacional por meio do MAP.....	318
Tabela V.4-8:Número de detecções do gênero <i>Kogia</i> do PMC-BS, separadas por campanha e o número total de cliques extraídos para análise.....	320
Tabela V.4-9:Sumários das detecções acústicas de baleia-bicuda ( <i>Ziphiidae</i> ) registradas no PMC-BS, com o respectivo número de cliques detectados.	323
Tabela V.4-10:Sumário dos parâmetros acústicos dos cliques de baleia-bicuda (zifídeos) registrados no PMC-BS. (Freq p = frequência pico, Freq M = frequência média, LB-3dB = largura da banda -3dB, LB-10dB = largura da banda -10dB).....	324
Tabela V.4-11:Espécies/gêneros de delfinídeos amostrados e número de encontros com registros de assovios na Bacia de Santos; tabela ordenada pelas espécies com maior número de assovios.....	329

Tabela V.5-1: Categorias e descrição de lesões de pele observadas durante o PMC-BS.....	333
Tabela V.5-2: Prevalência acumulada de lesões epidérmicas (ou mutilações) entre os indivíduos identificados, por espécie e ciclo do PMC-BS. ....	334
Tabela V.5-3: Ocorrência de cada tipo de lesão epidérmica por espécies, considerando apenas indivíduos fotoidentificados, acumulado de todos os ciclos do PMC-BS (NM – nódulos multifocais; FA – ferida aberta; LA – lesão erosiva arredondada; MV – mancha avermelhada; ME – mancha esbranquiçada; LE – lesões esbranquiçadas; DF – deformidades físicas (malformação); PX – lesões semelhantes a poxvírus; LB – lesões semelhantes a lobomicose; AT – mutilações ou antrópica; TC – lesões de tubarão charuto; LU – lesões de úlceras; IN – lesões inespecífica). .....	336
Tabela V.5-4:Intervalo de concentração de HPA nas amostras de cetáceos - PMC. Concentrações em peso úmido (ng g <sup>-1</sup> ).....	347
Tabela V.5-5:Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecidos de cetáceos - PMC. Concentrações em peso úmido (ng g-1). ....	348
Tabela V.5-6:Intervalo das concentrações de compostos organoclorados em amostras de tecido adiposo de <i>Stenella longirostris</i> (ng g <sup>-1</sup> , peso úmido)..	355
Tabela V.5-7:Intervalo das concentrações de compostos organoclorados em amostras de tecido adiposo de <i>Tursiops truncatus</i> (ng g <sup>-1</sup> , peso úmido)....	359
Tabela V.5-8: Sequências de iniciadores selecionadas para amplificação dos genes por reação de qPCR. Receptor de hidrocarbonetos de arila (AhR), citocromo P450 1A (CYP1A), E2F fator de transcrição (E2F1), receptor de estrogênio alfa (ESR1), gliceraldeído 3-fosfato desidrogenase (GAPDH), proteína de choque térmico 70 kDa (HSPA1), proteína ribossomal L4 (RPL4), proteína ribossomal S18 (RPS18), e UDP glucuronosiltransferase 1A (UGT1A) de <i>Tursiops truncatus</i> . .....	369
Tabela V.5-9:Dados referentes ao sequenciamento bruto e após limpeza das leituras. As leituras paired-end estão compiladas em um único conjunto de dados.....	371
Tabela V.5-10:Métricas das montagens dos transcriptomas obtidas pelo programa Trinity RNA-seq. .....	373

---

Tabela V.5-11:Dados sobre a anotação funcional realizada nos transcriptomas de ambas espécies.....	374
Tabela V.5-12:Sequências de iniciadores selecionadas para amplificação dos genes por reação de qPCR. Receptor de hidrocarbonetos de arila (AhR), Citocromo P450 1A (CYP1A), E2F Fator de transcrição (E2F1), Fator de alongamento (EEF2), Receptor de estrogênio beta (ESR2), Proteína de choque térmico 70 kDa (HSPA1), UDP glucuronosiltransferase (UDPGT) de <i>Stenella longirostris</i> . .....	375
Tabela V.5-13:Sequências de iniciadores selecionadas para amplificação dos genes por reação de qPCR. Receptor de hidrocarbonetos de arila (AhR), Citocromo P450 1A (CYP1A), E2F Fator de transcrição (E2F1), Fator de alongamento (EEF2), Receptor de estrogênio alfa (ESR1), Proteína de choque térmico 70 kDa (HSPA1), UDP glucuronosiltransferase (UDPGT) de <i>Balaenoptera brydei</i> .....	376

## ***LISTA DE QUADROS***

Quadro IV-2: Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 3 e 4 do PMC-BS. ....	71
Quadro IV-3: Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 5 e 6 do PMC-BS. ....	72
Quadro IV-4: Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 7 e 8 do PMC-BS. ....	73

## ***LISTA DE FIGURAS***

Figura III.1-1: Vista geral da embarcação Sea Route, utilizada para as coletas de dados embarcados nos quatro primeiros anos do PMC-BS. ....	42
Figura III.1-2: Vista geral dos botes infláveis usados nas Campanhas de Telemetria do PMC-BS. Ver texto para detalhes. ....	42
Figura III.1-3: Vista geral da aeronave AeroCommander 500, utilizada nos dois primeiros anos (ciclos 1 a 4) do PMC-BS. ....	43
Figura III.1-4: Vista geral da aeronave Cessna 208B Grand Caravan, utilizada nos ciclos 5 e 6 do PMC-BS. ....	44
Figura III.1-5: Vista geral da aeronave Cessna Caravan 208, utilizada no último ano (ciclos 7 e 8) do PMC-BS. ....	44
Figura III.2-1: Detalhe da torre de observação da embarcação com observadores em esforço durante campanhas embarcadas do PMC-BS. ....	46
Figura III.3-1: Lançamento do arranjo de hidrofones e cabo de reboque. ....	48
Figura III.3-2: Estação de MAP e operadores durante a Campanha de Avistagem Embarcada e MAP do PMC-BS. ....	50
Figura III.3-3: Telas dos programas usados pelo MAP no PMC-BS: detector de clique do PAMGUARD (acima esquerda), mapa para localização do PAMGUARD (abaixo esquerda), software ISHMAEL (acima direita) e WHALETRAK (abaixo direita). ....	51
Figura III.4-1: Observador em esforço amostral na janela bolha da aeronave durante as Campanhas de Avistagem Aérea do PMC-BS. ....	54
Figura III.4-2: Observadores em esforço amostral na aeronave utilizada durante as Campanhas de Avistagem Aérea do PMC-BS. ....	55
Figura III.4-3: Observador utilizando clinômetro e gravador digital para registros de avistagem durante as Campanhas de Avistagem Aérea do PMC-BS. ....	55
Figura III.5-1: Transmissores satelitais utilizados nas Campanhas de Telemetria do PMC-BS: (A) transmissor implantável (modelo SPLASH10-260C); (B) transmissor implantável (modelo SPLASH10-302B); e (C) transmissor	

LIMPET (modelo SPLASH10-292A) com âncora de três (esquerda) e seis pétalas (direita).....	59
Figura III.5-2: Transmissores do tipo CATS Cam e DTAG, o primeiro utilizado a partir da Campanha 6 e o segundo nas Campanhas de 1 a 8. ....	61
Figura III.5-3: Marcação com transmissor satelital do tipo LIMPET utilizando uma balestra durante Campanha de Telemetria do PMC-BS.....	62
Figura III.5-4: Marcação com transmissor do tipo CATs utilizando uma vara de fibra de carbono durante Campanha de Telemetria do PMC-BS. ....	63
Figura III.7-1: Coleta de biópsia da proa do bote inflável durante Campanha de Telemetria do PMC-BS.....	67
Figura III.7-2: Triagem da amostra de biópsia coletada durante Campanha de Telemetria do PMC-BS.....	68
Figura IV.1-1: Rotas percorridas durante as Campanhas de Avistagem Embarcada nos quatro primeiros anos do PMC-BS. ....	75
Figura IV.4-1: Rotas percorridas durante as Campanhas de Avistagem Aérea nos quatro primeiros anos do PMC-BS. ....	82
Figura IV.5-1: Rotas percorridas durante as Campanhas de Telemetria nos quatro anos de PMC-BS. ....	88
Figura IV.6-1: Acompanhamento cumulativo entre campanhas do crescimento dos catálogos para as espécies com mais indivíduos catalogados ou reavistados. A = Avistagem e MAP; T = Telemetria.....	94
Figura V.1-1:Baleia-bicuda-de-Cuvier ( <i>Ziphius cavirostris</i> ) observada em 11/04/2019 durante o PMC-BS (24,978°S; 43,654°W). ....	105
Figura V.1-2:Cachalote-anão ( <i>Kogia sima</i> ) observado em 31/03/2019 durante o PMC-BS (23,953°S; 41,423°W). ....	105
Figura V.1-3:Curva cumulativa de espécies em função dos dias amostrados nas Campanhas de Avistagem Embarcada e Campanhas de Telemetria do PMC-BS. ....	106
Figura V.1-4:Frequência das espécies de cetáceos registradas durante o PMC na Bacia de Santos por status de conservação. Categorias de status: DD = Deficiente em Dados; BR = Baixo risco; QA = Quase ameaçada; VU = Vulnerável; EM = Ameaçada de extinção; CR = Criticamente ameaçada..	106

---

Figura V.1-5: Frequência de registros por espécies de cetáceos na Bacia de Santos durante as Campanhas de Avistagem Embarcada e de Telemetria do PMC entre 2015 e 2019.....	108
Figura V.1-6: Árvores filogenéticas geradas no DNA Surveillance, baseadas nas sequências das amostras G21 (a) e G35 (b) (identificadas respectivamente como G21 <i>Stenella longirostris</i> e G35 <i>Stenella attenuata</i> ) e nas sequências de referência da região controle do DNAmt de todos os delfinídeos (a figura não apresenta todas as espécies).....	116
Figura V.1-7: Árvores filogenéticas geradas no DNA Surveillance, baseadas nas sequências das amostras G68 (a) e G66 (b) (identificadas respectivamente como G68 e G66 <i>B. borealis</i> ) e nas sequências de referência da região controle do DNAmt de todos os misticetos (a figura não apresenta todas as espécies). .....	116
Figura V.1-8: Árvores filogenéticas geradas no DNA Surveillance, baseadas nas sequências das amostras G137 (a) e G138 (b) (identificadas respectivamente como G137 e G138 <i>B. edeni</i> ) e nas sequências de referência da região controle do DNAmt de todos os misticetos (a figura não apresenta todas as espécies). .....	117
Figura V.1-9: Árvore filogenética gerada no DNA Surveillance, baseada na sequência da amostra G297 (identificada como G297 <i>Stenella frontalis</i> ) e nas sequências de referência da região controle do DNAmt de todos os delfinídeos (a figura não apresenta todas as espécies).....	118
Figura V.2-1: Áreas de concentração (pelo método de densidade Kernel) de cetáceos misticetos detectados visualmente durante as Campanhas 1 a 4 de Avistagem Embarcada do PMC-BS. Regiões em vermelho claro correspondem à áreas de concentração de avistagens de cetáceos. ....	121
Figura V.2-2: Áreas de concentração (pelo método de densidade Kernel) de cetáceos misticetos detectados visualmente durante as Campanhas 5 a 8 de Avistagem Embarcada do PMC-BS. Regiões em vermelho claro correspondem à áreas de concentração de avistagens de cetáceos. ....	122
Figura V.2-3: Áreas de concentração (pelo método de densidade Kernel) de cetáceos odontocetos detectados visualmente durante as Campanhas 1 a 4	

---

de Avistagem Embarcada do PMC-BS. Regiões em vermelho claro correspondem à áreas de concentração de avistagens de cetáceos. ....	123
Figura V.2-4:Áreas de concentração (pelo método de densidade Kernel) de cetáceos odontocetos detectados visualmente durante as Campanhas 5 a 8 de Avistagem Embarcada do PMC-BS. Regiões em vermelho claro correspondem à áreas de concentração de avistagens de cetáceos. ....	124
Figura V.2-5:Unidades de Conservação marinhas da Bacia de Santos. ....	127
Figura V.2-6:Registros de cetáceos em Unidades de Conservação marinhas da Bacia de Santos durante os quatro anos do PMC-BS. Quadros A: recorte sul da Bacia de Santos, conforme a Figura V.2-5. ....	128
Figura V.2-7:Registros de cetáceos em Unidades de Conservação marinhas da Bacia de Santos durante os quatro anos do PMC-BS. Quadros B: recorte central da Bacia de Santos, conforme a Figura V.2-5. ....	129
Figura V.2-8:Registros de cetáceos em Unidades de Conservação marinhas da Bacia de Santos durante os quatro anos do PMC-BS. Quadros C: recorte norte da Bacia de Santos, conforme a Figura V.2-5.Tabela V.2-2: Espécies e gêneros de cetáceos registradas em Unidades de Conservação durante os quatro anos de PMC-BS. ....	130
Figura V.2-12:Profundidade média (em metros) nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos. ....	139
Figura V.2-13:Declividade média (em graus) nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos. ....	140
Figura V.2-14:Distância da costa (em quilômetros) dos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos. ....	141
Figura V.2-15:Velocidade (em m/s) das correntes marítimas nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos. ....	142
Figura V.2-16:Intensidade de tráfego de embarcações (em log de metros navegados) nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos. ....	143

Figura V.2-17: Distância das plataformas de produção de petróleo do Pré-Sal dos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos .....	144
Figura V.2-18: Intensidade de atividades de pesca (em número de registros de embarcações e petrechos) nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos. ....	145
Figura V.2-19: Nível de pressão sonora (SPL) a frequência de 125 Hz (em dB) a 100 metros de profundidade nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos. ....	146
Figura V.2-20: Número de detecções visuais de grupos de misticetos durante Campanhas de Avistagem Embarcada nos blocos de análise para modelagem da distribuição na Bacia de Santos.....	148
Figura V.2-21: Número de detecções visuais de grupos de odontocetos durante Campanhas de Avistagem Embarcada nos blocos de análise para modelagem da distribuição na Bacia de Santos.....	148
Figura V.2-22: Milhas náuticas navegadas em esforço nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos.....	149
Figura V.2-23: Correlação entre as variáveis explanatórias consideradas na modelagem de uso de habitat. ....	151
Figura V.2-24: Previsões do melhor GLM para o número de detecções de odontocetos em blocos de análise na Bacia de Santos durante as Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC.....	153
Figura V.2-25: Previsões do melhor GLM para o número de detecções de misticetos em blocos de análise na Bacia de Santos durante as Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC.....	155
Figura V.2-26: Previsões dos modelos GLM sobre relação do nível de pressão sonora (SPL) a frequência de 125 Hz (em dB) a 100 metros de profundidade sobre a frequência de detecções de misticetos e odontocetos na Bacia de Santos. ....	157
Figura V.2-28: Localizações das reavistagens de Balaenoptera borealis durante o PMC-BS.....	165

Figura V.2-29: Movimentos de seis indivíduos de <i>Balaenoptera borealis</i> obtidos por transmissores satelitais nos invernos de 2016 e 2018 durante o PMC-BS.	167
Figura V.2-30: Localizações das reavistagens de <i>Balaenoptera brydei</i> durante o PMC-BS.....	169
Figura V.2-31: Movimentos de três indivíduos de <i>Balaenoptera brydei</i> detectados por transmissores satelitais entre 2017 e 2018 durante o PMC-BS. ....	170
Figura V.2-32: Movimentos de um indivíduo de <i>Balaenoptera bonaerensis</i> marcado com transmissor satelital no inverno de 2017 durante o PMC-BS.....	172
Figura V.2-33: Localizações do indivíduo 15# de <i>Megaptera novaeangliae</i> , reavistado na Bacia de Santos durante o PMC-BS. ....	173
Figura V.2-34: Movimentos de sete indivíduos de <i>Megaptera novaeangliae</i> marcados com transmissores satelitais durante o inverno de 2016, 2017 e 2018, durante o PMC-BS.....	175
Figura V.2-35: Movimentos de três indivíduos de <i>Physeter macrocephalus</i> marcados com transmissores satelitais na primavera de 2017 durante o PMC-BS.....	178
Figura V.2-36: Localização das reavistagens de <i>Orcinus orca</i> fotoidentificadas durante o PMC-BS.....	180
Figura V.2-37: Padrões de movimentação estimados para cinco <i>Orcinus orca</i> pelo modelo hierárquico de estado-espacó aplicados aos dados de transmissores satelitais durante o PMC-BS. Os padrões de movimentação estimados são 1 = Transiting (deslocamento) e 2 = ARS (area restricted-search); a categoria 3 se refere aos pontos que não puderam ser classificados, considerados, portanto, indefinidos. ....	182
Figura V.2-38: Movimentos de um indivíduo de <i>Globicephala macrorhynchus</i> marcado com transmissor satelital no verão de 2019 durante o PMC-BS..	183
Figura V.2-39: Localizações das reavistagens de <i>Peponocephala electra</i> durante o PMC-BS.....	185
Figura V.2-40: Movimentos de dois indivíduos de <i>Peponocephala electra</i> marcados com transmissores satelitais no outono de 2018 durante o PMC-BS.....	185
Figura V.2-41: Localização das reavistagens de <i>Feresa attenuata</i> durante o PMC-BS.....	187

Figura V.2-42: Localização das reavistagens de <i>Grampus griseus</i> durante o PMC-BS.....	188
Figura V.2-43: Movimentos de um <i>Grampus griseus</i> marcado com transmissor satelital no verão de 2019 durante o PMC-BS.....	188
Figura V.2-44: Localizações da reavistagem do ID21# de <i>Sotalia guianensis</i> durante o PMC-BS.....	190
Figura V.2-45: Localização de reavistagens de 16 indivíduos de <i>Steno bredanensis</i> durante o PMC-BS.....	191
Figura V.2-46: Localização de reavistagens de 14 indivíduos de <i>Steno bredanensis</i> durante o PMC-BS.....	192
Figura V.2-47: Movimentos de um <i>Steno bredanensis</i> marcado com transmissor satelital no inverno durante o PMC-BS.....	193
Figura V.2-48: Localização das reavistagens de <i>Tursiops truncatus</i> durante o PMC-BS.....	196
Figura V.2-49: Padrões de movimentação estimados para <i>Tursiops truncatus</i> na Bacia de Santos pelo modelo hierárquico de estado-espacó aplicados aos dados obtidos pelos transmissores satelitais para nove indivíduos. Os padrões de movimentação estimados pelo modelo são 1 = Transiting (deslocamento); 2 = ARS (area restricted-search); a categoria 3 se refere aos pontos que não puderam ser classificados, considerados, portanto, indefinidos.....	199
Figura V.2-50: Localização das reavistagens de <i>Stenella frontalis</i> durante o PMC-BS.....	202
Figura V.3-1: Abundância de misticetos observados ao longo das Campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS.....	209
Figura V.3-2: Curva de detecção da baleia-jubarte nas Campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS.....	210
Figura V.3-3: Abundância de delfinídeos observados ao longo das Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC-BS.....	213
Figura V.3-4: Curva de detecção do golfinho-pintado-do-Atlântico nas Campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS.....	214
Figura V.3-5: Curva de detecção do golfinho-nariz-de-garrafa nas Campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS.....	215

Figura V.3-6: Curva de detecção taxa de risco de um modelo ajustado aos dados de misticetos observados durante as Campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC-BS.....	219
Figura V.3-7: Abundância de misticetos observados ao longo das campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC-BS.....	220
Figura V.3-8: Curva de detecção meia-normal de um modelo ajustado aos dados de delfinídeos observados durante as Campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC-BS.....	222
Figura V.3-9: Abundância de delfinídeos observados ao longo das campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC-BS.....	223
Figura V.3-10:Locais de coleta de biópsia de indivíduos de <i>Tursiops truncatus</i> na Bacia de Santos.....	243
Figura V.3-11:Rede de haplótipos median-joining das sequências (675 pares de base) da região controle do DNAmt de <i>Tursiops truncatus</i> da Bacia de Santos. Os círculos representam os haplótipos encontrados e seus tamanhos são proporcionais à frequência de haplótipos sobre os 54 indivíduos amostrados. Os traços representam os passos mutacionais entre os haplótipos, enquanto os pontos vermelhos representam os haplótipos extintos ou não amostrados. ....	244
Figura V.3-12:ΔK calculado usando STRUCTURE HARVESTER para agrupamentos de 1 a 4 dos <i>Tursiops truncatus</i> da Bacia de Santos.....	254
Figura V.3-13:Gráfico do STRUCTURE com a proporção de associação de cada indivíduo de <i>Tursiops truncatus</i> a cada agrupamento para K = 2 a K = 4 com o local de amostragem na Bacia de Santos informado (costeiro x oceânico). Cada indivíduo é representado por uma barra vertical dividida em segmentos coloridos com o comprimento indicando o coeficiente de associação a cada agrupamento. ....	254
Figura V.3-14:Locais de coleta de biópsia de indivíduos de <i>Stenella frontalis</i> na Bacia de Santos.....	256
Figura V.3-15:Rede de haplótipos median-joining das sequências (685 pares de base) da região controle do DNAmt de <i>Stenella frontalis</i> da Bacia de Santos. Os círculos representam os haplótipos encontrados e seus tamanhos são	

proporcionais à frequência de haplótipos sobre os 89 indivíduos amostrados. Os traços representam os passos mutacionais entre os haplótipos, enquanto os pontos vermelhos representam os haplótipos extintos ou não amostrados.

.....257

Figura V.3-16:ΔK calculado usando STRUCTURE HARVESTER para agrupamentos de 1 a 4 dos <i>Stenella frontalis</i> da Bacia de Santos.....	261
Figura V.3-17:Gráfico do STRUCTURE com a proporção de associação de cada indivíduo de <i>Stenella frontalis</i> a cada agrupamento para K = 2 a K = 4 com o local de amostragem na Bacia de Santos informado (costeiro x oceânico). Cada indivíduo é representado por uma barra vertical dividida em segmentos coloridos com o comprimento indicando o coeficiente de associação a cada agrupamento. .....	261
Figura V.3-18:Locais de coleta de biópsia de indivíduos de <i>Balaenoptera borealis</i> na Bacia de Santos.....	263
Figura V.3-19:Árvore filogenética da máxima verossimilhança dos haplótipos de DNAmt de <i>Balaenoptera borealis</i> dos oceanos Atlântico Sul e Norte. Haplótipo Hap_6 do Atlântico Norte destacado no clado do Atlântico Sul.....	265
Figura V.3-20:Árvore filogenética consenso de neighbour-joining dos haplótipos de DNAmt de <i>Balaenoptera borealis</i> dos oceanos Atlântico Sul e Norte. Haplótipo Hap_6 do Atlântico Norte destacado no clado do Atlântico Sul.....	266
Figura V.3-21:Rede de haplótipos median-joining das sequências (481 pares de base) da região controle do DNAmt de <i>Balaenoptera borealis</i> dos oceanos Atlântico Sul e Norte. Os círculos representam os haplótipos encontrados e seus tamanhos são proporcionais à frequência de haplótipos sobre os 104 indivíduos amostrados. Os traços representam os passos mutacionais entre os haplótipos, enquanto os pontos vermelhos representam os haplótipos extintos ou não amostrados. A elipse destaca o haplogrupo do Atlântico Norte em forma de estrela.....	267
Figura V.4-1: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para sete indivíduos de <i>Balaenoptera borealis</i> marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.....	272

Figura V.4-2: Perfil de mergulho de duas baleias-sei. A = mergulhos do PTT 58005;	
B = mergulhos do PTT 162630. A cor vermelha indica os mergulhos que ultrapassaram 50 metros de profundidade. ....	273
Figura V.4-3: Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para sete indivíduos de <i>Balaenoptera borealis</i> marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.....	274
Figura V.4-4: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para três indivíduos de <i>Balaenoptera brydei</i> marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.....	275
Figura V.4-5: Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para três indivíduos de <i>Balaenoptera brydei</i> marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.....	276
Figura V.4-6: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para um indivíduo de <i>Balaenoptera bonaerensis</i> marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS.....	277
Hora do dia	
	..... 278
Figura V.4-7: Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para um indivíduo de <i>Balaenoptera bonaerensis</i> marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.....	278
Figura V.4-8: Perfil de mergulho de três baleias-jubarte durante movimento migratório em direção a grande latitudes. A cor vermelha indica os mergulhos que ultrapassaram 100 metros de profundidade. ....	280
Figura V.4-9: Perfil de mergulho de duas baleias-jubarte durante sua permanência junto à costa na Bacia de Santos. A cor vermelha indica os mergulhos que ultrapassaram 100 metros de profundidade. ....	281
Figura V.4-10: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para sete indivíduos de <i>Megaptera novaeangliae</i> marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. ....	282

---

Figura V.4-11: Profundidade de mergulho (m) (log10) registrada ao longo do dia para sete indivíduos de <i>Megaptera novaeangliae</i> marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.....	282
Figura V.4-12: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para três indivíduos de <i>Physeter macrocephalus</i> marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. ....	284
Figura V.4-13: Perfil de mergulho de um indivíduo de <i>Physeter macrocephalus</i> (PTT 34732) marcado por um transmissor satelital na Bacia de Santos. A cor vermelha indica os mergulhos que ultrapassaram 500 metros de profundidade.....	284
Figura V.4-14: Profundidade de mergulho (em metros) registrada ao longo do dia para três indivíduos de <i>Physeter macrocephalus</i> marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.....	285
Figura V.4-15: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para cinco indivíduos de <i>Orcinus orca</i> marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.....	287
Figura V.4-16: Perfil de mergulho de três indivíduos de <i>Orcinus orca</i> durante o período de monitoramento. A cor vermelha indica os mergulhos que ultrapassaram 100 metros de profundidade. ....	288
Figura V.4-17: Profundidade de mergulho (em metros) registrada ao longo do dia para cinco indivíduos de <i>Orcinus orca</i> marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana. ....	289
Figura V.4-18: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para um indivíduo de <i>Globicephala macrorhynchus</i> marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS. ....	291
Figura V.4-19: Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para um indivíduo de <i>Globicephala macrorhynchus</i> marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.....	292

---

- Figura V.4-20: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para um indivíduo de *Grampus griseus* marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS..... 293
- Figura V.4-21: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para nove indivíduos de *Tursiops truncatus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. .... 295
- Figura V.4-22: Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para nove indivíduos de *Tursiops truncatus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana. .... 296
- Figura V.4-23: Exemplo de um assvio do golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) registrado no PMC-BS. Os assvios são sons tonais e geralmente modulados, como nos assvios deste exemplo, que apresenta uma série de pontos de inflexão entre modulação ascendente e descendente. .... 298
- Figura V.4-24: Exemplo de um assvio do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) processado para extração dos parâmetros acústicos segundo o algoritmo ROCCA do programa PAMGUARD. Os parâmetros são extraídos de acordo com o contorno do assvio (gráfico da direita). .... 302
- Figura V.4-25: Biplot com os dois primeiros eixos fatoriais da Análise de Componentes Principais (PCA) das características dos assvios de diferentes espécies de delfinídeos da Bacia de Santos. Elipses normais para cada grupo com 95% de probabilidade. .... 305
- Figura V.4-26: Matriz de correlação das variáveis descritivas dos assvios de delfinídeos da Bacia de Santos pelo ROCCA. Ver abreviações e descrição das variáveis na Tabela V.4-2: .... 306
- Figura V.4-27: Frequência máxima (kHz) de assvios de delfinídeos ordenados de forma crescente pelas medianas coletadas na Bacia de Santos. Largura das caixas é proporcional ao tamanho da amostra. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana. .... 308
- Figura V.4-28: Frequência mínima (kHz) de assvios de delfinídeos ordenados de forma crescente pelas medianas coletadas na Bacia de Santos. Largura das

caixas é proporcional ao tamanho da amostra. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.....	309
Figura V.4-29: Duração (segundos) de assovios de delfinídeos ordenados de forma crescente pelas medianas coletadas na Bacia de Santos. Largura das caixas é proporcional ao tamanho da amostra. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.....	309
Figura V.4-30: Exemplo de cliques de ecolocalização do golfinho-de-Risso ( <i>Grampus griseus</i> ) registrado no PMC-BS. Os pulsos são emitidos em sequências regulares, variando em relação à amplitude e ao intervalo entre pulsos, como parte do comportamento investigativo do animal emissor. A terminação da sequência, conhecida como “buzz”, indica a proximidade do animal ao objeto investigado, geralmente associado à perseguição e à captura de uma presa.....	316
Figura V.4-31: Exemplo de cliques usuais de cachalote (acima oscilograma e abaixo espectrograma) .....	319
Figura V.4-32: Exemplo de um clique usual (à direita) e de um clique lento do cachalote (à esquerda). Acima o oscilograma e abaixo o espectro de frequência, com pico em torno de 15 kHz (clique usual) e 5 kHz (clique lento). .....	319
Figura V.4-33: Forma da onda de um clique do gênero <i>Kogia</i> . O pulso apresenta inúmeras oscilações com decaimento gradual e uma cauda alongada. Abaixo, o espectro de frequência ilustrando a banda estreita e o pico em cerca de 125 - 130 kHz .....	321
Figura V.4-34: Representação da forma da onda de um clique de baleia-bicuda (à esquerda) e o gráfico de Wigner-Ville (à direita). Nota-se a modulação de frequência ascendente típica do clique de zifídeos. ....	324
Figura V.4-35: Média do espectro de frequência da detecção de zifídeo realizada na Campanha 7 do PMC-BS (PMC_7_A26).....	324
Figura V.4-36: Representação da forma da onda de um clique presumidamente da toninha ( <i>Pontoporia blainvilliei</i> ) (esquerda), espectro de frequência do clique (centro) e gráfico de distribuição de Wigner-Ville (direita). ....	327

Figura V.4-37: Biplot com os dois primeiros eixos fatorais da Análise de Componentes Principais (PCA) das características dos cliques de diferentes espécies analisadas de acordo com os registros do PMC-BS. Elipses normais para cada grupo com 95% de probabilidade. ....	329
Figura V.5-1: Lesões antrópicas, provável petrecho de pesca, em <i>Steno bredanensis</i> . Registro pelo PMC-BS em 01/02/2019 (-23,02725; -42,92193). ....	339
Figura V.5-2: Lesão similar a poxvírus, arredondadas e bem delimitadas, em <i>Stenella longirostris</i> . Registro pelo PMC-BS em 08/02/2018 (-24,26010; -43,86865). ....	339
Figura V.5-3: Marcas de tubarão-charuto em <i>Stenella attenuata</i> . Registro pelo PMC-BS em 22/09/2018 (-24,39348; -43,00130). ....	340
Figura V.5-4: Deformação, provavelmente congênita ou adquirida em <i>Stenella frontalis</i> . Registro pelo PMC-BS em 25/07/2017 (-23,47333; -44,85064)....	340
Figura V.5-5: Nódulos multifocais de etiologia desconhecida em <i>Pseudorca crassidens</i> . Registro pelo PMC-BS em 16/03/2019 (-26,29788; -46,71944). ....	341
Figura V.5-6: Ferida aberta inespecífica não cicatrizada em <i>Megaptera novaeangliae</i> . Registro pelo PMC-BS em 28/09/2018 (-24,26269; -41,23317). ....	341
Figura V.5-7: Lesão erosiva arredondada multifocal deprimida e sem inflamação aparente em <i>Balaenoptera brydei</i> . Registro pelo PMC-BS em 04/02/2017 (-25,92682; -45,74579). ....	342
Figura V.5-8: Lesão esbranquiçada e bem delimitadas em <i>Globicephala</i> sp. Registro pelo PMC-BS em 22/09/2018 (-24,39348; -43,00130). ....	342
Figura V.5-9: Manchas avermelhadas, bem delimitadas em <i>Megaptera novaeangliae</i> . Registro pelo PMC-BS em 26/07/2018 (-23,34528; -44,52747). ....	343
Figura V.5-10: Manchas esbranquiçadas, sem contorno bem definido em <i>Megaptera novaeangliae</i> . Registro pelo PMC-BS em 28/07/2018 (-23,06892; -43,33486). ....	343

---

Figura V.5-11: Lesões esbranquiçadas, arredondadas, únicas ou multifocais em Feresa attenuata. Registro pelo PMC-BS em 07/02/2019 (-26,57552; -45,90420). ....	344
Figura V.5-12: Lesão similar a lobomicose em <i>Tursiops truncatus</i> . Registro pelo PMC-BS em 03/09/2018 (-27,47793; -46,69093). ....	344
Figura V.5-13: Lesões inespecíficas em <i>Tursiops truncatus</i> . Registro pelo PMC-BS em 18/07/2018 (-26,93086; -48,60220). ....	345
Figura V.5-14: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de <i>Balaenoptera borealis</i> – PMC. ....	351
Figura V.5-15: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de <i>Globicephala</i> – PMC. ....	351
Figura V.5-16: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de <i>Megaptera novaeangliae</i> – PMC. ....	352
Figura V.5-17: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de <i>Orcinus orca</i> – PMC. ....	352
Figura V.5-18: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de <i>Stenella frontalis</i> – PMC. ....	353
Figura V.5-19: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de <i>Stenella longirostris</i> – PMC. ....	353
Figura V.5-20: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de <i>S. bredanensis</i> – PMC. ....	354
Figura V.5-21: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de <i>Tursiops truncatus</i> – PMC. ....	354
Figura V.5-22: Concentração de DDT totais quantificada em tecido adiposo de <i>Stenella longirostris</i> . ....	356
Figura V.5-23: Concentração de mirex quantificada em tecido adiposo de <i>Stenella longirostris</i> . ....	357
Figura V.5-24: Concentração de PCB totais quantificada em tecido adiposo de <i>Stenella longirostris</i> . ....	357
Figura V.5-25: Distribuição percentual de PCB em tecido adiposo de <i>Stenella longirostris</i> . ....	358

---

- Figura V.5-26:Concentração de DDT totais quantificada em tecido adiposo de *Tursiops truncatus* ..... 360
- Figura V.5-27:Concentração de PCB totais quantificada em tecido adiposo de *Tursiops truncatus* ..... 360
- Figura V.5-28:Distribuição percentual de PCB em tecido adiposo de *Tursiops truncatus* ..... 361
- Figura V.5-29: Acompanhamento da fluorescência da resorufina (RFU, eixo Y) em 530 nm de excitação e 585 nm de emissão e cutoff de 550 nm durante uma hora de reação (tempo em segundos, eixo X). As condições para o ensaio EROD foram: 2 µM do substrato 7-etoxiesorufina (7-ER) e 1 mM de NADPH, 37°C, tampão TRIS/NaCl 50mM/0,1M pH 7,4. As duas linhas são duplicatas contendo 60 µg de proteína microssomal de pele de *Balaenoptera brydei* e os demais componentes da reação. Não houve incremento na fluorescência ao longo do tempo, indicando ausência de atividade EROD nas amostras de pele de *B. brydei*. O gráfico foi plotado diretamente do espectrofluorímetro SpectraMax® M5 (Molecular Devices®) ..... 364
- Figura V.5-30: Exemplo de revelação com reagentes quimioluminescentes (Clarity Max®) de membranas de *Stenella longirostris* incubadas com concentrações decrescentes de anticorpo primário cabra anti-camundongo CYP1A (ab126887, ABCAM): A. 0,15 µg/mL; B. 0,015 µg/mL; C. 0,0075 µg/mL e D. 0,0015 µg/mL, e incubadas com 0,1 µg/mL de anticorpo secundário de burro anti-cabra, conjugado à enzima peroxidase (ABCAM). M (marcador de peso molecular); 5-40 µg representam cargas crescentes de proteínas microssomais de biópsias da epiderme de *S. longirostris*. A membrana A apresentou menos bandas inespecíficas em relação às membranas C e D. Em todas as membranas é possível observar duas bandas intensas em 70,8 e 55 kDa. A banda de 55 kDa é o peso esperado para CYP1A. ..... 366
- Figura V.5-31:Curva de dissociação dos genes AHR primer A (Vermelho), AHR primer B (Azul), E2F (Verde), HSP (Azul claro), UDPGT (Laranja) em pele de *Tursiops truncatus*. Eixo X (temperatura); Eixo Y (derivada negativa da fluorescência em função da temperatura, -dF/dT). O ponto máximo de cada

---

linha representa a temperatura de dissociação do produto. A presença de mais de um pico sugere a presença de mais de um produto.....	370
Figura V.5-32:Análise da qualidade das leituras brutas (A) e pós filtragem (B) de Balaenoptera brydei pelo programa FASTQC. Eixo Y representa a nota Phred média e o eixo X a posição das leituras. ....	371
Figura V.5-33:Análise da qualidade das leituras brutas (A) e pós filtragem (B) de Stenella longirostris pelo programa FASTQC. Eixo Y representa a nota Phred média e o eixo X a posição das leituras. ....	372
Figura VI.3-1: Número de autorizações de uso de dados do PMC-BS por tipo de produção acadêmica. ....	385

## ***LISTA DE ANEXOS***

Anexo IV.1.2-1: Resultados da identificação genética das amostras por DNAm e sexagem molecular. \* Espécies identificadas em campo que não foram corroboradas pelos resultados genéticos. N/A = not available. Identificação dos haplótipos: HT = *Tursiops truncatus*, HSO = *Sotalia guianensis*, HDD = *Delphinus delphis*, HSB = *Steno bredanensis*, HSF = *Stenella frontalis*, HSL = *S. longirostris*, HSA = *S. attenuata*, HSC = *S. clymene*, HGM = *Globicephala macrorhynchus*, HO = *Orcinus orca*, HPE = *Peponocephala electra*, HPM = *Physeter macrocephalus*, HBE = *Balaenoptera brydeei*, HBB = *B. bonaerensis*, HBM = *B. musculus*, HBP = *B. physalus*, HBb = *B. borealis*, HBA e HGA = *M. novaeangliae*, HEA = *Eubalaena australis*.....427

## APRESENTAÇÃO

O Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS objetiva atender demanda do Processo de Licenciamento Ambiental - IBAMA Nº 02001.114289/2017-80 - conduzido pela Coordenação Geral de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Marinhos e Costeiros – CGMac, da Diretoria de Licenciamento Ambiental – DILIC, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

O volume I do 4º Relatório Anual do PMC-BS apresenta a consolidação do processamento dos dados e análises dos quatro primeiros anos de execução do PMC-BS, conforme previsto em seu Projeto Executivo, aprovado pelo IBAMA em julho de 2015, constituindo uma atualização baseada na acumulação de dados gerados com a execução do projeto e o aprofundamento das análises. É fruto da execução do projeto nesse período pela equipe da Socioambiental Consultores Associados, sob a supervisão da equipe da Petrobras - SMS Meio Ambiente da Unidade de Operações de E&P da Bacia de Santos, mediante contrato nº 2400.0097391.15.2 entre esta empresa e a Petrobras.

Este 4º Relatório Anual focou na consolidação de informações sobre as espécies registradas, buscando o aprofundamento das diversas análises com base nos novos dados e no cruzamento de novas informações sobre atividades antropogênicas com a distribuição e a presença de cetáceos. A aplicação dos métodos utilizados e os objetivos do projeto também mereceram algumas considerações críticas.

O 4º Relatório Anual do PMC-BS possui dois volumes: Volume I: Apresentação e Discussão de Resultados Orientados aos Objetivos; e Volume II: Guia de Identificação e Síntese do Conhecimento sobre os Cetáceos da Bacia de Santos.

## **EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO 4º RELATÓRIO ANUAL DO PMC-BS**

<b>Nomes</b>	<b>Formação</b>	<b>Atuação</b>
<b>Coordenação e Gerência</b>		
Ricardo Müller Arcari	Engº. Sanitarista e Ambiental	Gerente do Contrato
José Olimpio da Silva Jr.	Biólogo, Me. em Geografia	Coordenação Geral
Leonardo Liberali Wedekin	Biólogo, Dr.	Coordenação Técnica e Coord. Avist. Embarcada
Aline Fernandes de Faria Gonçalves	Biólogo, Esp. Gestão Ambiental	Gerência Executiva
Ana Lúcia Cypriano de Souza	Bióloga, Dra.	Coordenação Temática de Genética
Carolina Bezamat Abreu	Biólogo, Dra.	Coord. Temática de Avistagem Aérea
Marcos R. Rossi dos Santos	Biólogo, Dr.	Coord. Temática de Bioacústica
Marta Jussara Cremer	Bióloga, Dra.	Coord. Temática de Telemetria
<b>Outros Responsáveis Técnicos do PMC-BS</b>		
Alexandre Douglas Paro	Biólogo, Me.	Processamento e Análise de MAP
David Haas	Engenheiro, PhD student	Processamento e Análise dados DTAGs
Fábio Daura-Jorge	Biólogo, Dr.	Fotoidentificação
Vitor Zimmermann	Geógrafo	Sist. Gerenc. Dados e Geoprocessamento/SIG
<b>Responsáveis Técnicos do Item sobre Contaminantes e Biomarcadores</b>		
Afonso Celso Dias Bainy	Oceanólogo, Dr.	Processamento e Análise Biomarcadores (LABCAI - UFSC)
Rafael Andre Lourenço	Químico, Dr.	Processamento e Análise de HPA (IO - USP)

## I. INTRODUÇÃO

O Relatório Anual 4 do PMC-BS consiste na consolidação dos dados primários gerados nos quatro primeiros anos do projeto, período em que foram realizadas 24 campanhas de campo executadas em oito ciclos semestrais, para a aplicação dos diversos métodos previstos para atender aos objetivos do projeto.

Com base nos dados gerados nesses quatro anos de projeto, este relatório focou na consolidação, análise e discussão dos dados e informações relativas à biologia das espécies de cetáceos registradas (riqueza, distribuição, densidade, abundância, usos de habitats e alguns padrões de comportamento), além do aprofundamento da avaliação de possíveis interferências antropogênicas sobre a comunidade de cetáceos.

O estabelecimento do foco dos relatórios seguiu uma lógica de acúmulo crescente de dados, a possibilidade de uma abordagem sazonal e de comparação de dados de uma série temporal mínima. Também foi considerada a oportunidade de cruzamento dos dados do PMC-BS com outras bases de dados, sejam estes de aspectos naturais ou antropogênicos, disponíveis ou que estejam sendo gerados paralelamente à execução do PMC-BS, como os dados dos outros programas de monitoramento ambiental desenvolvidos pela Petrobras na Bacia de Santos.

A estrutura e a abordagem do relatório buscaram a consolidação de alguns aspectos da biologia das espécies (p.ex., uso de habitat, distribuição, abundância e movimentos), e o aprofundamento da abordagem dos relatórios anteriores, incluindo os cruzamentos com dados atualizados de outros projetos de monitoramento na Bacia de Santos. Neste sentido, neste relatório, além de serem abordados dados físico-químicos e biológicos disponíveis em base de dados oceanográficos, foram atualizados dados a partir dos projetos de monitoramento desenvolvidos pela Petrobras, o Projeto de Monitoramento do Tráfego de Embarcações – PMTE, e o Programa de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina – PMPAS. Ainda atendendo ao objetivo de averiguar possíveis interferências antropogênicas, foram realizados cruzamentos também com dados de localização das unidades de produção da Petrobras, além de informações

extraídas do Sistema de Informações Georreferenciadas (SIG) do PMC relativas a atividades de pesca, elementos já abordados no relatório anterior. Com isto, sem que se tenha esgotado as possibilidades de análises, seja nesta etapa de execução do projeto e, sobretudo, considerando a evolução do projeto nos próximos anos, considera-se que os objetivos do PMC-BS, foram todos abordados neste Relatório Anual.

Este quarto relatório traz inicialmente um breve resumo executivo com a síntese dos resultados obtidos pelo projeto nos quatro primeiros anos. Em seguida é feita a descrição dos métodos de coleta utilizados, destacando-se que estes métodos de coleta e de processamento de dados foram aprofundados e descritos detalhadamente em pelo menos oito procedimentos operacionais, que foram elaborados no primeiro ano do PMC-BS e aprimorados continuamente ao longo da execução do projeto. O esforço amostral empregado e volume de dados também é apresentado (p.ex. número de detecções acústicas e visuais, número de biópsias efetuadas, número de indivíduos identificados por fotografias e número de indivíduos marcados com transmissores digitais). O item seguinte é o principal deste relatório, com os resultados provenientes de diferentes métodos e combinações destes orientados para os objetivos do projeto. Finalmente, trazemos uma reflexão crítica sobre cada objetivo específico do projeto e avanços em relação ao relatório anual anterior num item de considerações finais.

## II. RESUMO EXECUTIVO

Os principais resultados obtidos ao final de quatro anos do PMC-BS fazem parte do presente relatório e estão relacionados abaixo:

- O Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS) é executado continuamente desde julho de 2015 para atender condicionante ambiental do IBAMA para o licenciamento da ETAPA 2 de produção de petróleo e gás natural no polo Pré-Sal pela Petrobras;
- O PMC-BS é um projeto com abordagem multi-métodos para estudos de cetáceos, incluindo campanhas de avistagem aéreas e embarcadas, monitoramento acústico passivo (MAP) rebocado, implantação de transmissores satelitais e arquivais, foto-identificação, genética, biomarcadores e dosagem de contaminantes;
- A área monitorada abrange a Bacia de Santos, com limite sul em Florianópolis – SC, e limite norte em Cabo Frio – RJ. As áreas amostradas em quatro anos do PMC-BS abrangem desde regiões costeiras até águas oceânicas;
- Ao longo de 24 campanhas, realizadas em caráter semestral (3 campanhas por semestre), foram percorridos mais de 110.000 km em 832 dias de diferentes amostragens. Este esforço resultou em 1.942 grupos detectados visualmente e 877 detecções acústicas de cetáceos;
- A riqueza de cetáceos encontrada para a Bacia de Santos foi de 27 espécies distribuídas em sete famílias, perfazendo 58,7% das espécies que ocorrem no Brasil e 71% das espécies conhecidas para a Bacia de Santos. Destaca-se que 30% das espécies observadas está listada como ameaçada de extinção conforme a lista oficial do Brasil;
- O cetáceo mais frequente foi a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), seguida do golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*). Em termos numéricos, os cetáceos mais abundantes foram as quatro espécies de golfinhos do gênero *Stenella*, observados em grupos de centenas de indivíduos em diversas ocasiões;

- As regiões com maior concentração de cetáceos variaram entre as campanhas, localizando-se geralmente ao longo do talude da plataforma continental da Bacia de Santos e na plataforma continental externa do estado do Rio de Janeiro. A distribuição de cetáceos misticetos e odontocetos foi explicada por um conjunto de variáveis ambientais e antrópicas;
- A maior parte das espécies de cetáceos avaliadas apresentou alta diversidade genética mitocondrial e nuclear, com exceção da baleia-de-Bryde e do golfinho-de-dentes-rugosos, que apresentaram diversidade genética mais baixa;
- A abundância de misticetos e delfinídeos foi estimada para as diferentes campanhas, com flutuações sazonais para ambos os grupos. Estima-se que até 3.000 misticetos e entre 24 e 44 mil delfinídeos usem a Bacia de Santos em um dado momento;
- Os movimentos de diversas espécies foram descritos para a Bacia de Santos por meio da implantação de transmissores satelitais e foto-identificação, incluindo diversos movimentos para além da área de estudo, como movimentos migratórios de três misticetos (baleia-sei, baleia-jubarte e a baleia-minke-Antártica);
- Foi realizada uma descrição dos assovios e cliques de cetáceos, especialmente dos odontocetos, que constam na sonoteca do PMC-BS. Um extenso conjunto de características dos sons foi usado para desenvolver classificadores, com sucesso relativamente bom na identificação das espécies mais bem amostradas;
- Diversas lesões de pele e traumas foram identificadas nos cetáceos da Bacia de Santos, incluindo lesões provavelmente provocadas por atropelamento de embarcações e interação com artefatos de pesca, bem como lesões similares às causadas por poxvírus e lobomicose, que podem ter relação com a qualidade ambiental;
- Em relação a potenciais interferências antrópicas, as modelagens estatísticas apontaram que a frequência de detecções de misticetos e odontocetos diminui em função do maior ruído ambiental. O maior ruído

observado na área amostrada da Bacia de Santos foi justamente no polo pré-sal, o que denota uma possível evitação do pólo pré-sal pelos cetáceos. Estes resultados ainda são preliminares e serão avaliados mais profundamente nos próximos anos do PMC-BS;

- Houve avanços qualitativos e quantitativos nos dados coletados pelo projeto e nas análises realizadas até o momento, aprofundando substancialmente o conhecimento sobre os cetáceos da costa do Brasil e da Bacia de Santos. A perspectiva de incremento da amostra e refinamento das análises para os próximos anos deve reforçar a importância do monitoramento e dos dados produzidos no âmbito deste projeto.

### **III. MÉTODOS**

As grandes plataformas de coleta de dados utilizadas para atender aos objetivos do PMC-BS, conforme previsto no Projeto Executivo, resumidamente consistem de campanhas de Avistagem Embarcada e Monitoramento Acústico Passivo (MAP), campanhas focadas na Telemetria e campanhas de Avistagem Aérea. Durante as campanhas embarcadas (Avistagem/MAP e Telemetria), foram usados meios para obtenção de biópsia (pele e gordura) e fotografias que permitiam a identificação individual dos cetáceos. Este relatório aborda os dados coletados nos quatro anos do projeto até o momento, totalizando 24 campanhas de campo. As principais linhas de atuação na coleta de dados do PMC são descritas a seguir:

- **Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP**

Realizadas em caráter semestral, as campanhas de Avistagem Embarcada e MAP são executadas durante cerca de 43 dias cada. Os quatro primeiros anos englobaram a realização de um total de oito campanhas embarcadas usando o método de transecções lineares com amostragem de distâncias (*Distance Sampling*). As linhas de transecção foram posicionadas sistematicamente na Bacia de Santos e abrangeram tanto águas profundas quanto rasas. Os registros visuais e acústicos possibilitaram a busca de dados sobre ocorrência, riqueza, densidade, abundância e distribuição das espécies.

- **Campanhas de Avistagem Aérea**

Semestralmente, a realização de sobrevoos, executados geralmente em até dez dias de mobilização, permitiram que toda a Bacia de Santos fosse amostrada em um período curto de tempo. As oito campanhas aéreas realizadas nos quatro primeiros anos do PMC contaram com a utilização do método de transecções lineares com amostragem de distâncias (*Distance Sampling*), sistematicamente distribuídas na Bacia de Santos. Amostraram-se tanto águas profundas quanto rasas, buscando a obtenção de dados sobre ocorrência, riqueza, densidade, abundância e distribuição das espécies.

- **Campanhas de Telemetria**

A execução das campanhas de Telemetria foram semestrais, servindo para a implantação de transmissores satelitais ou arquivais com sistema de rastreamento VHF e visando obter dados de deslocamento, padrões comportamentais e de uso de habitat dos cetáceos de maior tamanho. Essas campanhas duraram 25 dias cada, com exceção da Campanha 4 de Telemetria, que se prolongou por 37 dias. Durante as oito campanhas de telemetria realizadas nos quatro anos do projeto, o esforço se concentrou em cobrir rotas de regiões com maior densidade de cetáceos, como águas mais rasas (até 50 metros) e mais profundas, na região do talude continental (200 a 1.500 metros). A amostragem nessas campanhas foi mais flexível, de maneira ajustável às condições do mar e à ocorrência de oportunidades de encontro de cetáceos passíveis de marcação, com vistas a aumentar a probabilidade de inserção de transmissores.

- **Fotoidentificação**

Os registros de fotoidentificação foram obtidos primariamente durante as Campanhas de Telemetria e oportunisticamente nas Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP. Os registros fotográficos e o uso das marcas naturais observadas em diversos cetáceos permitiram realizar a identificação individual dos espécimes avistados para a análise de padrões de fidelidade e residência a determinadas áreas e movimentos individuais em diferentes escalas, assim como o registro de patologias de pele que contribuíssem para a análise do estado de saúde dos indivíduos.

- **Biópsias para Análises Genéticas, de Biomarcadores e de Contaminantes**

A coleta de biópsias de tecido (pele e gordura) de cetáceos foi realizada prioritariamente nas Campanhas de Telemetria e oportunisticamente nas Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP. As amostras foram obtidas por meio de coleta remota com balestra (besta) e flechas com ponteiras adaptadas para retirar um pedaço de pele e gordura. As frações de amostras foram devidamente

acondicionadas em nitrogênio líquido, geladeira e/ou álcool para envio a diversos laboratórios de análise. As amostras para análise de biomarcadores foram remetidas ao Laboratório de Biomarcadores de Contaminação Aquática e Imunoquímica, da Universidade Federal de Santa Catarina (LABCAI/UFSC). As amostras de contaminantes foram remetidas ao Departamento de Oceanografia Física, Química e Geológica do Instituto Oceanográfico, da Universidade de São Paulo (IO-USP). Por último, as análises genéticas foram executadas pelo Laboratório de Biologia Genômica e Molecular, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), em Porto Alegre.

Os itens seguintes trazem uma descrição sucinta das plataformas e dos métodos utilizados para coleta de dados em cada área temática descrita acima. Mais detalhes sobre a coleta e o processamento dos dados das diversas áreas temáticas estão disponíveis em procedimentos operacionais detalhados, que permitem a replicação das coletas e o processamento de dados realizados no âmbito do PMC-BS. Os métodos específicos de análise dos dados são descritos no item IV sobre Resultados e Discussão orientados para os objetivos específicos do projeto.

### III.1 Plataformas de Pesquisa

Uma embarcação do tipo mini *supply*, de 23,7 metros de comprimento e 6,0 metros de boca, serviu como plataforma principal para a coleta de dados das áreas temáticas de Avistagem Embarcada, MAP e Telemetria (**Figura III.1-1**). A embarcação possui acomodações para 12 pesquisadores e 6 tripulantes, e tem autonomia para até 45 dias de mar. A embarcação conta com dois motores Cummins de 325 HP cada.

Dois botes infláveis operaram durante os procedimentos de marcação com transmissores nas Campanhas de Telemetria. O bote inflável principal tem 6,3 metros de comprimento e motor de popa de 115 HP, e começou a ser usado no PMC-BS a partir da Campanha 2. Outro bote inflável menor foi utilizado como bote principal na Campanha 1 e, a partir da Campanha 2, foi utilizado como bote de

segurança (**Figura III.1-2**). Este bote menor possui 5 metros de comprimento e motor de popa de 50 HP. Os dois botes infláveis possuem uma plataforma de aço inox na proa para facilitar os procedimentos de inserção de transmissores em algumas situações. O bote principal foi a plataforma de marcação utilizada, com exceção da segunda campanha, quando a proa do Sea Route também foi utilizada como plataforma de marcação dos transmissores satelitais em caráter experimental. Um terceiro bote menor, de 4,2 m de comprimento e motor de popa de 50 HP, foi utilizado na Campanha 1 como bote de apoio e, a partir da Campanha 2, foi utilizado como bote reserva.



**Figura III.1-1:** Vista geral da embarcação Sea Route, utilizada para as coletas de dados embarcados nos quatro primeiros anos do PMC-BS.



**Figura III.1-2:** Vista geral dos botes infláveis usados nas Campanhas de Telemetria do PMC-BS. Ver texto para detalhes.

Um avião *AeroCommander 500* (matrícula PT-KUK) de asa alta foi utilizado nas Campanhas 1 a 4 de Avistagem Aérea. A aeronave possui dois motores *Lycoming* convencionais de 290 HP cada, envergadura de 14,95 m, comprimento de 11,22 m, peso máximo de 3.060 kg. Nas campanhas 5 e 6, uma aeronave *Cessna 208B Grand Caravan* (Matrícula PR-CMD) foi usada para as avistagens (**Figura III.1-4**). Esta aeronave possui motor turbo-hélice *Pratt & Whitbney PT6*, com envergadura de 15,87 m, comprimento de 11,46 m e peso máximo de 3.969 kg. Para as campanha 7 e 8 foi utilizado uma aeronave *Cessna Caravan 208* (Matrícula PT-WOS).

As aeronaves estavam equipadas com duas janelas em bolha (uma em cada lado), permitindo uma melhor observação das regiões à frente e abaixo da aeronave. Esta condição permite que os observadores maximizem a detecção de grupos próximos à linha de transecção para satisfazer uma das premissas do método de *Distance Sampling*.



**Figura III.1-3:** Vista geral da aeronave *AeroCommander 500*, utilizada nos dois primeiros anos (ciclos 1 a 4) do PMC-BS.



**Figura III.1-4:** Vista geral da aeronave Cessna 208B Grand Caravan, utilizada nos ciclos 5 e 6 do PMC-BS.



**Figura III.1-5:** Vista geral da aeronave Cessna Caravan 208, utilizada no último ano (ciclos 7 e 8) do PMC-BS.

### III.2 Avistagem Embarcada

A aplicação da metodologia de transecções lineares com amostragem de distâncias (*Distance Sampling*) durante as Campanhas de Avistagem Embarcada (BUCKLAND et al., 2001) seguiu as premissas descritas no Projeto Executivo. A metodologia consiste em percorrer um conjunto de linhas de transecção e realizar a contagem de cetáceos ao longo dessas linhas (BUCKLAND et al., 2001). As linhas foram desenhadas para cobrir a Bacia de Santos de forma sistemática e homogênea, permitindo que as contagens sejam extrapoladas para toda a área, visando estimar a densidade e abundância. O traçado das linhas segue um ziguezague que é deslocado entre 60 e 90 km de uma campanha a outra para evitar vieses espaciais na amostragem. O traçado das linhas seguiu uma orientação perpendicular à costa, cruzando o gradiente de profundidades da área de estudo.

A embarcação percorreu as linhas de transecção a uma velocidade média de 7 nós. O esforço amostral foi realizado durante todo o período de luz natural (iniciando entre 6 e 7 horas e finalizando entre 18 e 19 horas), com três observadores simultâneos posicionados no ponto mais alto da embarcação, em uma torre construída para esse fim. O ponto de observação fica a uma altura de aproximadamente 7 metros acima do nível do mar (Figura III.2-1). Os três observadores revezaram-se periodicamente com outros dois a três observadores em descanso e procuraram grupos de cetáceos a olho nu e com auxílio de binóculos (7x50 e 15x50). O esforço amostral foi rigorosamente controlado e registrado, tanto temporal como espacialmente (função *track* do GPS).



**Figura III.2-1:** Detalhe da torre de observação da embarcação com observadores em esforço durante campanhas embarcadas do PMC-BS.

A cada detecção de um grupo de cetáceo, o ângulo horizontal (com uma alidade) e o vertical (com o binóculo reticulado) foram registrados. Isso permitiu a obtenção da distância perpendicular e a correção da posição geográfica (registrada com um GPS). As informações registradas adicionais para cada detecção de cetáceo são as seguintes: hora, espécie ou menor nível taxonômico identificado, tamanho e composição do grupo, presença de filhotes e comportamento. O reconhecimento das espécies contaram com o auxílio de guias de identificação (SHIRIHAI & JARRET, 2006; LODI & BOROBIA, 2013; JEFFERSON et al., 2015), sempre procurando obter registros fotográficos para auxiliar a identificação.

### **III.3 Monitoramento Acústico Passivo (MAP)**

O monitoramento acústico passivo (MAP) foi executado conjuntamente com o esforço de observação visual durante as campanhas de Avistagem e MAP do PMC-BS. A embarcação rebocou um arranjo de hidrofones para monitorar continuamente em tempo real. Dois operadores experientes dedicaram-se exclusivamente à operação, com o objetivo de detectar, classificar e localizar todas as detecções acústicas de cetáceos possíveis durante todas as campanhas de Avistagem e MAP executadas pelo PMC-BS. A execução do esforço foi simultânea ao esforço de avistagem, com exceção de períodos em que as condições climáticas implicavam a paralisação do esforço visual, permanecendo apenas o esforço acústico. Por motivos de segurança, o esforço de MAP foi interrompido em áreas costeiras de profundidade abaixo de 20 metros.

#### **Equipamentos do MAP**

##### *Parte Molhada*

O arranjo de hidrofones e o cabo de reboque compõem a parte molhada do sistema, conectados por conectores à prova d'água. Ambos ficam armazenados em um guincho hidráulico e são lançados ao mar durante o início do esforço e recolhidos no final do dia (**Figura III.3-1**). Os procedimentos de lançamento e recolhimento do arranjo de hidrofones estão descritos no Procedimento Operacional 04.



**Figura III.3-1:** Lançamento do arranjo de hidrofones e cabo de reboque.

O PMC-BS dispõe de dois arranjos de hidrofones. Os hidrofones e pré-amplificadores permanecem dentro de um tubo de poliuretano vedado, de aproximadamente 4 m de comprimento, preenchido com óleo inerte (óleo de rícino). Na extremidade anterior, o tubo tem um conector que se acopla ao cabo de reboque. São 4 hidrofones no total, divididos em pares. Há um par para a detecção de eventos acústicos de alta frequência (até 170 kHz) e outro para os eventos acústicos de baixa a média frequência (1 kHz - 48 kHz) (**Tabela III.3-1**).

Os pré-amplificadores possuem ganho de 33 dB e filtro passa-altas com frequência de corte de 1 kHz. Os arranjos também possuem um sensor de pressão hidrostática para o monitoramento da profundidade do arranjo (Keller - série 7).

**Tabela III.3-1: Especificações dos hidrofones usados durante o MAP no PMC-BS.**

Característica	Par de frequências baixas a médias	Par de frequências altas
<b>Fabricante (Modelo)</b>	APC (42-1021)	Teledyne Reson (TC 4013)
<b>Diâmetro externo (mm)</b>	$19,0 \pm 0,15$	8,0
<b>Diâmetro interno (mm)</b>	$26,0 \pm 0,20$	ND*
<b>Tamanho (mm)</b>	$20,0 \pm 0,15$	22
<b>Capacitância (nF)</b>	11,6	3,4
<b>Freq. de ressonância (kHz)</b>	83	>200
<b>Resposta de Frequência (kHz)</b>	1 -100	1 -170
<b>Espaçamento entre hidrofones (m)</b>	3,80 m (Turquoise) 2,03 m (Bahia)	1,01 m (Turquoise) 0,53 m (Bahia)

\*ND = Não Disponível (não fornecido pelo fabricante)

### Parte Seca

A parte seca consiste no cabo de convés e no Sistema de Processamento Acústico (SPA), localizados em uma sala no convés superior, onde foi instalada a estação de MAP (**Figura III.3-2**).

O cabo de convés possui cerca de 30 m e está conectado ao cabo de reboque para transmitir o sinal até a estação, onde é conectado um cabo multivias que distribui os sinais dos quatro hidrofones para os respectivos canais do SPA (1 par de canais para cada subsistema). O SPA inclui diversos componentes que condicionam os sinais. Os sinais são amplificados (ganho ajustável de 0 a 40 dB), filtrados (filtro passa-altas de 1 kHz) e digitalizados.

Na 1ª Campanha de Avistagem Embarcada e MAP, o SPA foi alugado da empresa americana Biowaves Inc. O condicionador de sinais adotado foi o MAGREC e a placa de conversão análogo-digital usada foi a RME FIREFACE 800

(taxa de amostragem de 192 kHz). A partir do segundo ano do PMC-BS, foi utilizado um SPA nacional desenvolvido pela empresa brasileira Ecowaves Ltda. Os sinais de cada subsistema passaram por uma filtragem adicional, empregando filtro passa-baixas (filtro *antialiasing*), com frequência de corte de 48 kHz para o subsistema de frequências baixas-médias e de 170 kHz para o subsistema de frequências altas. As frequências utilizáveis e as placas de conversão análogo-digital de cada subsistema são: (a) frequências baixas-médias de 1 a 48 kHz (Placa ASUS taxa de Amostragem de 192 kHz); e (b) frequências altas de 1 a 170 kHz (Placa NIDAQ USB 6286 - taxa de amostragem de 500 kHz). O SPA possui um sistema de GPS (GPS e Antena Garmin) e placa MC DAQ para o registro do sensor de profundidade.

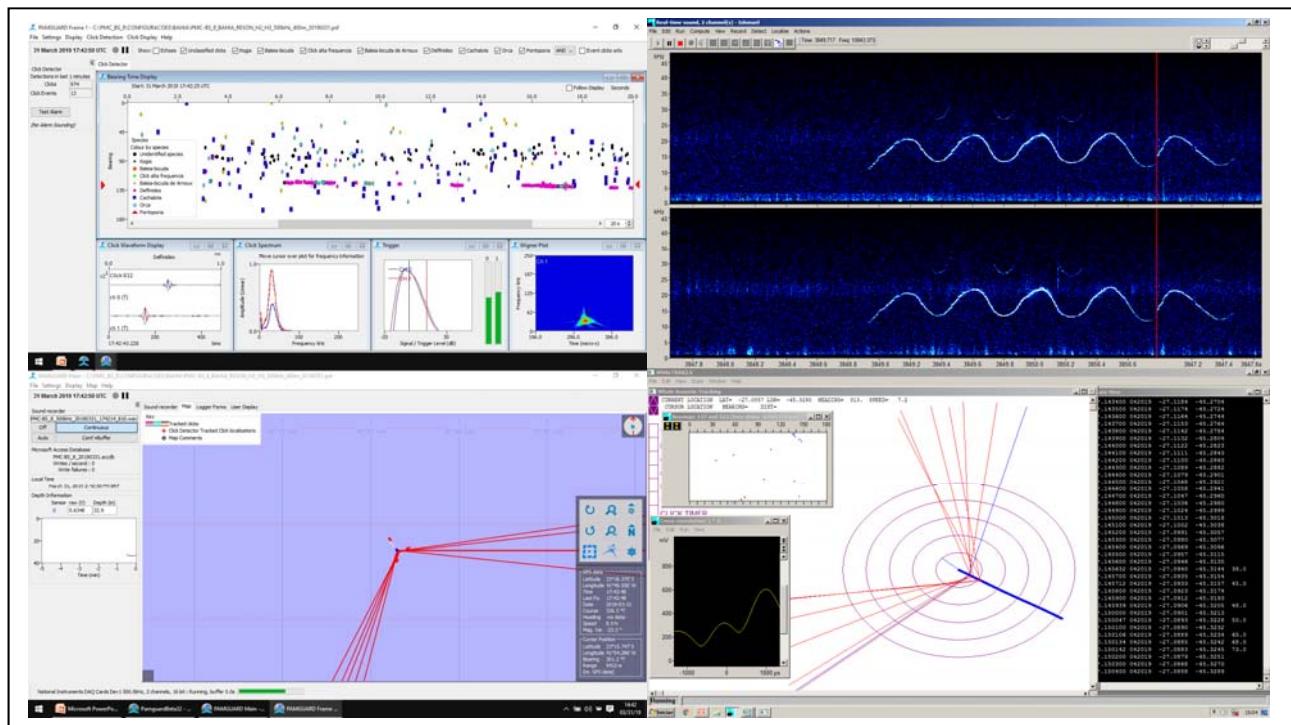


**Figura III.3-2:** Estação de MAP e operadores durante a Campanha de Avistagem Embarcada e MAP do PMC-BS.

#### Programas de MAP

Os programas utilizados foram o PAMGUARD para detecção, localização e classificação de cliques de odontocetos (subsistema de alta frequência) (Figura III.3-3) e o ISHMAEL para detecção de assobios e cliques de odontocetos e sons

de misticetos que estejam acima de 1 kHz (subsistema de baixa frequência). Diferente do PAMGUARD, o ISHMAEL não possui um mapa integrado para realizar a localização dos sinais biológicos e, portanto, é usado em conjunto com o software WHALETRAK2.6 (**Figura III.3-3**).



**Figura III.3-3:** Telas dos programas usados pelo MAP no PMC-BS: detector de clique do PAMGUARD (acima esquerda), mapa para localização do PAMGUARD (abaixo esquerda), software ISHMAEL (acima direita) e WHALETRAK (abaixo direita).

Os procedimentos de operação dos programas e coleta de dados das detecções acústicas de cetáceos durante o trabalho de campo estão descritos no **Procedimento Operacional 04** de coleta de dados do MAP. O monitoramento foi feito por dois operadores de MAP simultaneamente, cada um operando um dos computadores com os respectivos programas. Os operadores trabalharam juntos para coletar e registrar os dados referentes às detecções acústicas de cetáceos conforme especificado no protocolo. As detecções foram feitas conjuntamente pelos dois operadores e, quando possível, eram comparadas entre os dois programas para verificar a consistência dos dados coletados. A ficha de detecção

foi preenchida com os dados da detecção que obteve os melhores registros entre os dois programas. Havia sempre três operadores na equipe a bordo, revezando-se em turnos de 2 horas de trabalho e 1 hora de descanso.

As gravações foram feitas de maneira contínua. Além do áudio, os registros incluem os arquivos do banco de dados (MS Access) com planilhas dos registros do esforço amostral, equipamento e configurações do sistema de MAP, dados do GPS, profundidade do arranjo de hidrofones e as detecções acústicas de cetáceos. Também são armazenados os arquivos de dados binários do detector de cliques do PAMGUARD, as configurações dos programas, arquivos do programa WHALETRAK2.6 e imagens de capturas da tela do computador feitas durante a coleta de dados.

Os arquivos de áudio são armazenados, sem compressão, no formato WAVE. As gravações do PAMGUARD foram configuradas para duração de 5 minutos e o tamanho dos arquivos é de cerca de 600 MB. As gravações do ISHMAEL foram configuradas para duração de 10 minutos e o tamanho dos arquivos foi de cerca de 460 MB. No entanto, quando ocorrem interrupções na gravação, os arquivos podem ser de menor duração e tamanho.

Após o término de cada campanha, os dados de MAP precisam ser triados e validados. Os procedimentos de triagem e validação estão descritos no **Procedimento Operacional 06** de processamento de dados do MAP. O sistema online de armazenamento, gerenciamento e consulta dos dados do PMC-BS (SisPMC) contém os registros das detecções acústicas de cetáceos realizadas em cada campanha.

### III.4 Avistagem Aérea

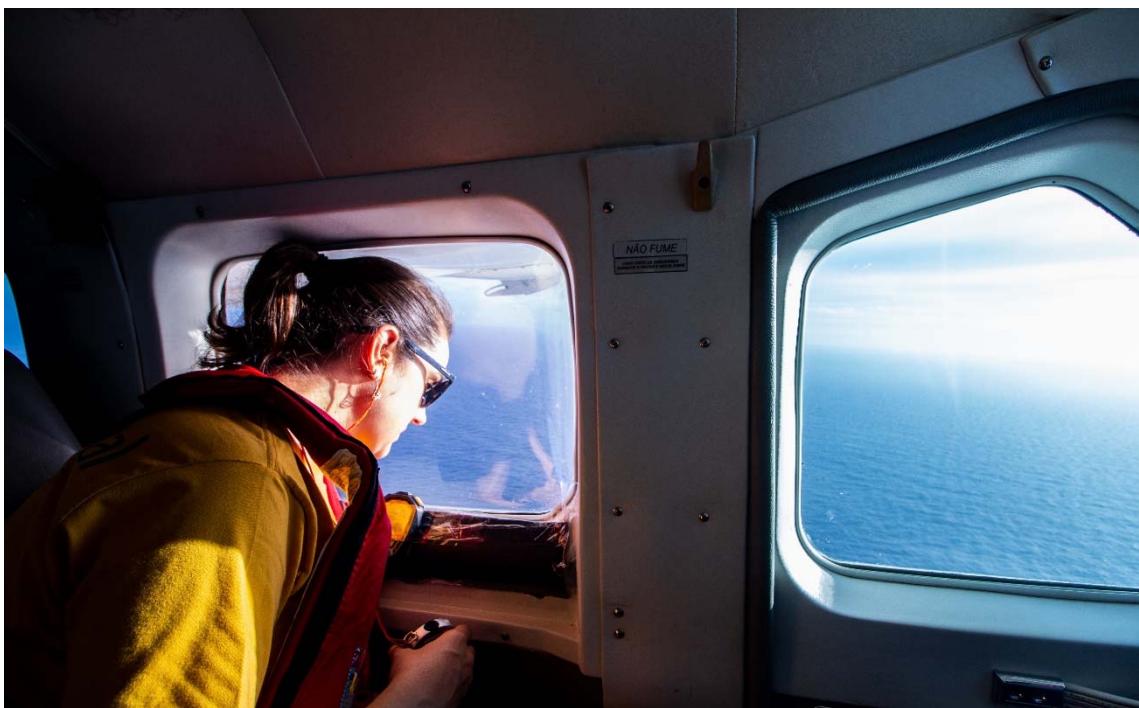
As Campanhas de Avistagem Aérea basearam-se na metodologia de transecções lineares com amostragem de distâncias (*Distance Sampling*) (BUCKLAND et al., 2001), conforme descrito no **Item III.2**. Uma malha paralela de linhas de transecção foi desenhada para amostragem sistemática da Bacia de Santos. As linhas percorrem a área de estudo, cruzando gradientes de profundidade, posicionadas perpendicularmente à costa. Optou-se por um desenho amostral contendo um conjunto de linhas paralelas, objetivando uma cobertura homogênea da área de estudo. O planejamento de cada campanha objetivou que sua realização incluísse uma janela de até 15 dias. Tipicamente as linhas foram percorridas sequencialmente partindo do Sul para o Norte, dependendo das condições climáticas e meteoceanográficas.

Durante o esforço amostral, a aeronave sobrevoou o mar a uma altitude de 750 pés. Esta altitude visa maximizar as detecções tanto de pequenos quanto de grandes cetáceos. A velocidade de sobrevoo é de aproximadamente 240 km/h, que corresponde à velocidade mínima permitida à aeronave, levando em consideração a segurança do sobrevoo. A função *track* do GPS registrou o esforço amostral para posterior obtenção da posição dos registros realizados.

Quatro observadores experientes se revezaram nas posições: (1-2) observadores das janelas planas; (3-4) observadores das janelas em bolha (**Figura III.4-1** e **Figura III.4-2**). A posição inicial dos pesquisadores foi sorteada no início de cada sobrevoo. A rotação de posições foi feita no meio e ao final de uma linha de transecção, ou seja, no máximo a cada 1 hora de sobrevoo. Os observadores procuraram grupos de cetáceos a olho nu de forma independente, sem comunicação nem contato visual entre si. Os mesmos concentraram o esforço de procura na linha e próximo à mesma, “varrendo” periodicamente o horizonte. Os procedimentos de coleta de dados utilizados durante as Campanhas de Avistagem Aérea estão descritos em detalhes no **Procedimento Operacional 07**.

O registro do esforço, posições de início e final da linha de transecção, condições ambientais (estado do mar na escala Beaufort, reflexo em cada bordo, condições de visibilidade, cobertura do céu) e as informações relacionadas à cada

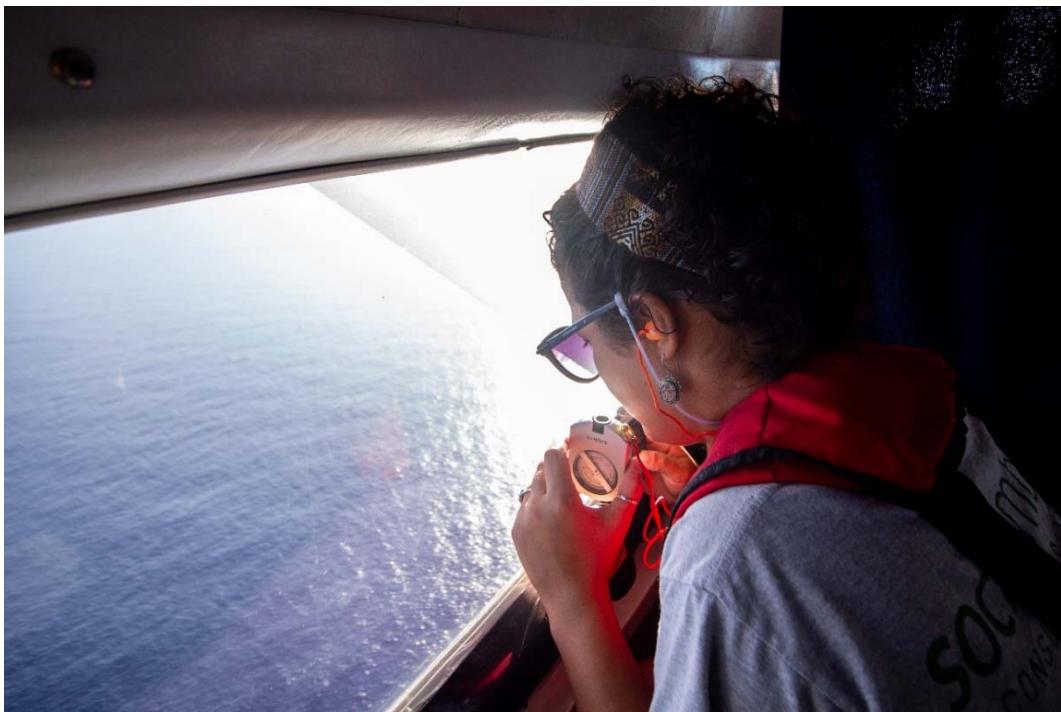
detecção (espécie, posição geográfica, hora, tamanho do grupo, presença de filhotes, observador e evento que levou à detecção do grupo) foram feitos com auxílio de um gravador digital. A medição do ângulo vertical ocorreu no momento em que o grupo avistado estava perpendicular à aeronave, com auxílio de um clinômetro Suunto (**Figura III.4-3**). O ângulo vertical e a altura da aeronave permitiram calcular a distância perpendicular da linha de transecção para cada avistagem.



**Figura III.4-1:** Observador em esforço amostral na janela bolha da aeronave durante as Campanhas de Avistagem Aérea do PMC-BS.



**Figura III.4-2:** Observadores em esforço amostral na aeronave utilizada durante as Campanhas de Avistagem Aérea do PMC-BS.



**Figura III.4-3:** Observador utilizando clinômetro e gravador digital para registros de avistagem durante as Campanhas de Avistagem Aérea do PMC-BS.

A fim de garantir a qualidade dos dados, o planejamento dos sobrevoos levou em consideração apenas as condições de observação favoráveis. Os sobrevoos nas áreas costeiras foram realizados majoritariamente com mar igual ou abaixo de Beaufort 3 (vento entre 7-10 nós), e nas áreas oceânicas, com mar igual ou abaixo de Beaufort 4 (vento entre 11-16 nós).

### III.5 Telemetria

A execução de oito campanhas específicas visaram inserir transmissores nos cetáceos. A equipe técnica dessas campanhas percorreu duas rotas em ziguezague, uma na região oceânica (plataforma continental externa e talude) e outra na região costeira (plataforma interna), de Florianópolis/SC a Arraial do Cabo/RJ.

O objetivo foi localizar grupos de cetáceos com potencial para a marcação com transmissores satelitais e/ou DTAGs, cobrindo o máximo possível da área da Bacia de Santos. A utilização experimental de um transmissor arquival do modelo CATS começou a partir da sexta campanha. A operação das Campanhas de Telemetria seguiu duas fases: (a) fase de busca; e (b) fase de marcação. Na fase de busca, seguiu-se o mesmo procedimento do esforço visual usado nas Campanhas de Avistagem Embarcada (ver **item III.2** e Procedimento Operacional 08). A fase de marcação consistiu na aproximação do grupo para inserção de transmissores e demais procedimentos (fotoidentificação e biópsia), após a detecção de um grupo de cetáceos.

A fase de marcação levou em consideração alguns critérios para decidir pela tentativa ou não de marcação, avaliando espécie, tamanho do indivíduo, presença de filhote e comportamento do animal. A decisão pela marcação ou não de um animal foi tomada conjuntamente entre o coordenador de cruzeiro e o responsável pela marcação.

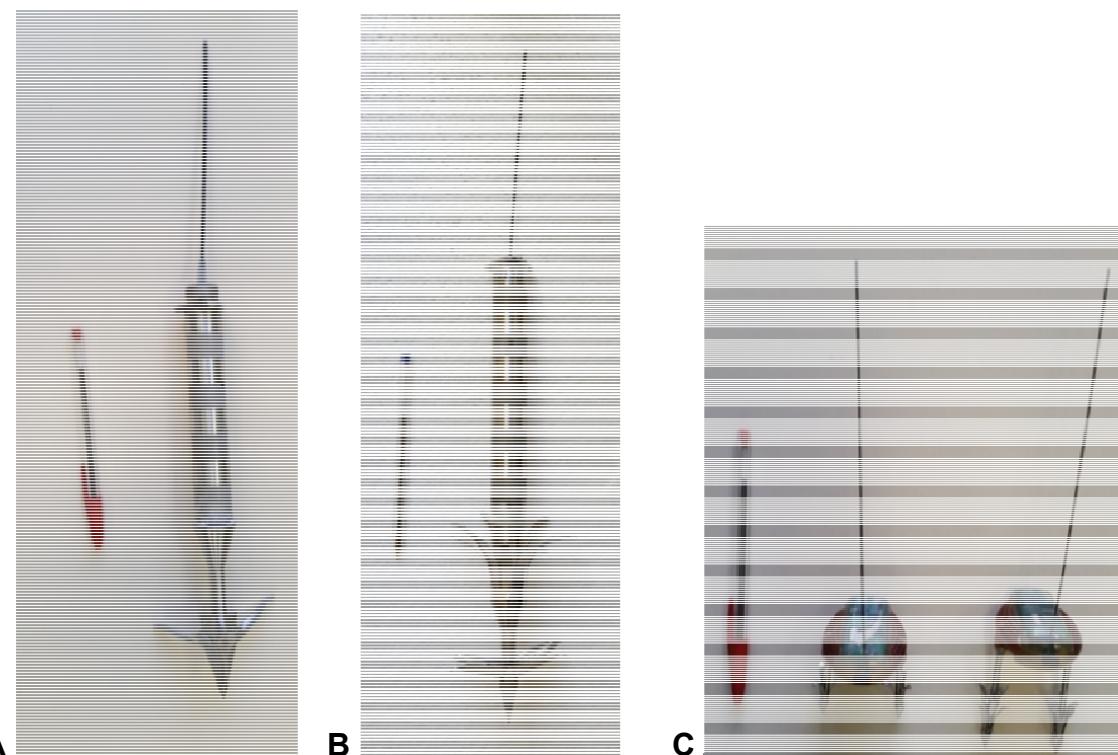
Foram utilizados três tipos de transmissores (**Figura III.5-1** e **Figura III.5-2**): transmissores satelitais do tipo Splash10 (*Wildlife Computers*), transmissores arquivais do tipo DTAG para registro acústico e de informações sobre o mergulho, e transmissores arquivais do tipo CATS, que também registram dados acústicos e de mergulho, além de imagens de vídeo. Quatro configurações de âncoras para implantação contribuíram para a performance dos transmissores satelitais: (1) configuração implantável com uma âncora acoplada de três pétalas dobráveis (até a 3ª Campanha); (2) configuração implantável com uma âncora fixa de três pétalas e roseta (a partir da 4ª Campanha); (3) configuração LIMPET com duas âncoras de três pétalas (todas as campanhas); e (4) configuração LIMPET com duas âncoras

de seis pétalas (todas as campanhas). No caso dos DTAGs e do CATS, o sistema de fixação é formado por quatro copos de succção (ventosas).

Nas três primeiras campanhas, o método de marcação consistiu em um rifle de ar comprimido para os transmissores satelitais (RESTECH ARTS) e numa vara de fibra de carbono para os DTAGs. A partir da quarta campanha, o principal equipamento utilizado para inserir os transmissores na configuração LIMPET foi uma balestra de 150 libras de pressão (EXCALIBUR VIXEN II) e, a partir da sexta campanha, a inserção do CATS empregou também a vara de fibra de carbono.

Os transmissores satelitais coletaram as seguintes informações: (a) hora; (b) posição geográfica; (c) profundidade de mergulho; (d) duração do mergulho; e (e) comportamento de mergulho. Esses dados foram condensados e resumidos para que pudessem ser enviados via sistema satelital Argos.

Os dados coletados pelo sistema ARGOS apresentam diferentes níveis de incerteza na definição da posição geográfica. Cada posição tem um erro associado, que é classificado de acordo com sua precisão em sete classes, definidas de acordo com o número de mensagens recebidas pelo transmissor durante a(s) passagem(ns) do(s) satélite(s). São elas: “3” (erro menor que 250 m), “2” (entre 250 e 500 m), “1” (entre 500 e 1500 m), “0” (maior que 1500 m), “A” (sem estimativa de precisão, três mensagens de satélite), “B” (sem estimativa de precisão, 1 ou 2 mensagens de satélites) e “Z” (localização inválida). As posições classificadas como “Z” foram excluídas das análises.



**Figura III.5-1:** Transmissores satelitais utilizados nas Campanhas de Telemetria do PMC-BS: (A) transmissor implantável (modelo SPLASH10-260C); (B) transmissor implantável (modelo SPLASH10-302B); e (C) transmissor LIMPET (modelo SPLASH10-292A) com âncora de três (esquerda) e seis pétalas (direita).

Os DTAGs são dispositivos não invasivos, equipados com quatro ventosas, adequados para pesquisa de ecologia comportamental e acústica de cetáceos. Estes tags foram usados em todas as campanhas do PMC-BS. São desenvolvidos e alugados pelo Instituto Oceanográfico de Woods Hole (WHOI), contêm sensores de pressão, acelerômetros e magnetômetros, que possibilitam descrever a orientação do animal nos três eixos e a profundidade de mergulho. Além disso, os DTAGs também estão equipados com um par de hidrofones, com taxa de amostragem de até 192 kHz, que permitem registrar o áudio, determinar os níveis sonoros recebidos e calcular os ângulos de chegada dos sons detectados no DTAG (JOHNSON & TYACK, 2003).

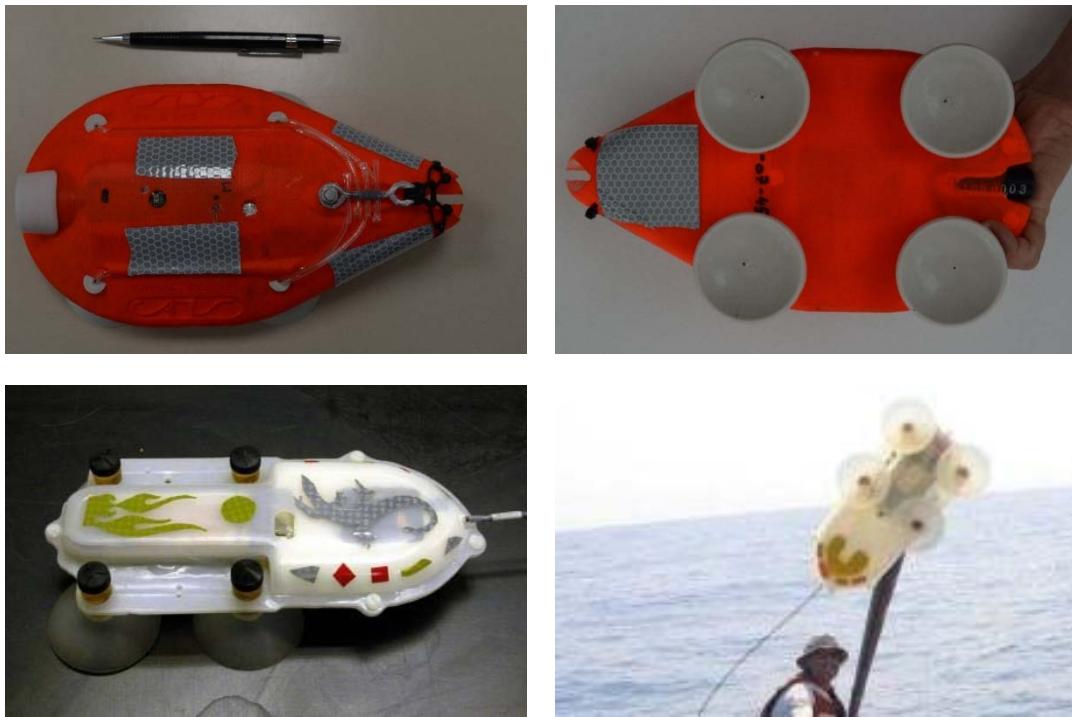
O animal focal é acompanhado até o momento em que o DTAG se desprende. O DTAG passa então a ser rastreado com o auxílio de antenas direcionais Yagi ligadas a receptores de sinais VHF. Assim que recuperados, os DTAGs foram

examinados em busca de amostras de pele para biópsia, de acordo com o protocolo descrito por Miller et al. (2004). Os dados dos DTAGs foram descarregados em um computador via transmissão infravermelha e conferidos para verificar se os dados foram coletados e descarregados adequadamente.

As análises foram feitas por meio de algoritmos disponíveis no programa MATLAB (Dtag Tools) (JOHNSON et al., 2013). O processamento dos dados incluiu: decimação dos dados de 50 Hz (taxa de amostragem padrão) para 5 Hz; calibração para a conversão dos dados de pressão para os valores de profundidade (metros) e avaliação da posição do DTAG em relação ao eixo do corpo do animal. Este último é necessário para calibrar os dados que medem a rotação, inclinação e rumo do animal marcado, de maneira a gerar resultados confiáveis (JONHNSON & TYACK, 2003). Após essas etapas, as estimativas das taxas de propulsão da nadadeira caudal foram calculadas (NOWACEK et al., 2001). A análise dos dados processados serviu para quantificar a métrica de mergulho e avaliar manualmente a existência de possíveis comportamentos de forrageio, usando as técnicas descritas por Goldbogen (2006), Goldbogen et al. (2007), Stimpert et al. (2007) e Goldbogen et al. (2013).

Os registros acústicos foram processados para detectar a presença de sons de origem biológica ou quaisquer outros sons considerados relevantes. Sons de misticetos foram escaneados seguindo as técnicas descritas por Constantine et al. (2015), e as vocalizações encontradas foram quantificadas e descritas utilizando os programas MATLAB e RAVEN PRO 1.5.

O tag arquivado denominado CATs – Cam, fabricado pela empresa Cats (Customized Animal Tracking Solutions) (**Figura III.5-2**), equipamento semelhante ao DTAG adquirido pela Socioambiental, foi utilizado a partir da Campanha 6. Este tag é fixado por quatro ventosas de silicone e possui um hidrofone com resposta de frequência de 96 kHz, sensor de profundidade (pressão), acelerômetros e magnetômetros. Adicionalmente, este tag possui uma câmara de vídeo que grava em alta resolução.



**Figura III.5-2:** Transmissores do tipo CATS Cam e DTAG, o primeiro utilizado a partir da Campanha 6 e o segundo nas Campanhas de 1 a 8.

#### Estratégia de marcação

A principal estratégia utilizada para a marcação dos animais foi a aproximação com bote inflável. Em tal caso, os dois botes (bote principal e bote de apoio) foram lançados ao mar com suas respectivas equipes (ver Procedimento Operacional 08) (**Figura III.5-3** e **Figura III.5-4**). Observadores sempre permaneceram no navio para auxiliar no monitoramento dos botes, na localização dos animais, no preenchimento das fichas de campo, em constante troca de informações com os botes via rádio, e também no processamento das biópsias realizadas nos próprios botes. Alguns procedimentos de marcação durante a 2ª Campanha ocorreram a partir da proa do navio em caráter experimental nos dias em que as condições do mar não permitiram a descida dos botes. Mas dada a distância entre os animais e o responsável pela inserção dos tag, o método não foi utilizado nas campanhas subsequentes. Os registros de todas as informações relativas aos procedimentos de marcação integram formulário de campo específico.



**Figura III.5-3:** Marcação com transmissor satelital do tipo LIMPET utilizando uma balestra durante Campanha de Telemetria do PMC-BS.



**Figura III.5-4:** Marcação com transmissor do tipo CATs utilizando uma vara de fibra de carbono durante Campanha de Telemetria do PMC-BS.

### III.6 Fotoidentificação

A coleta dos dados de fotoidentificação seguiram os padrões previstos no projeto executivo, tanto nas Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP, quanto nas Campanhas de Telemetria. Durante as Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP, os registros fotográficos foram oportunísticos, enquanto nas Campanhas de Telemetria, foram realizadas sessões sistemáticas de fotoidentificação sempre que um indivíduo ou grupos de indivíduos de qualquer espécie era observado, conforme protocolos tradicionais e bem estabelecidos na literatura (KATONA & WHITEHEAD, 1981; WÜRSIG & JEFFERSON, 1990; WILLIAMS et al., 1993).

Após o término de cada campanha, todos os registros fotográficos foram repassados e armazenados em computadores e HDs externos, pertencentes ao Laboratório de Mamíferos Aquáticos, da Universidade Federal de Santa Catarina – HD backup e HD de trabalho – para posterior triagem, catalogação e processamento de identificação (detalhes no Procedimento Operacional Fotoidentificação). Em um primeiro procedimento, todos os arquivos digitais foram separados por campanha, dia, fotógrafo e espécie. Na sequência, o volume (em número de fotos e GBs) de arquivos a serem processados em cada campanha foi quantificado.

A rotina de análise das fotos respeitou as 3 etapas estabelecidas no Procedimento Operacional Fotoidentificação: a triagem; a catalogação e o processamento de identificação. Durante a etapa de triagem, a classificação de cada foto baseou-se na qualidade e nos padrões essenciais para sua utilização como fotoidentificação. O critério de qualidade fundamentou-se em: (A) excelente; (B+) boa; (B-) razoável; (C) ruim; e (D) péssima. Naquele momento também foram separadas as fotos com registros de patologias (P), lesões (L) e mutilações (M), ou ainda os registros de Tags (T), biópsias (B) e filhotes (F). Na catalogação, todas as fotos foram reavaliadas e aquelas de novos indivíduos (ainda não presentes no catálogo de referência do PMC), de qualidade (A) ou (B+), eram incluídas em catálogo de referência continuamente em elaboração. Durante a etapa de catalogação, as fotos selecionadas eram cuidadosamente comparadas com as fotos preexistentes no catálogo de referência. A comparação se deu pela

observação de marcas naturais específicas de longa duração conforme define a literatura (PAYNE, 1976; WURSIG & WURSIG, 1977; KATONA & WHITEHEAD, 1981). Sempre que aparecia uma foto de qualidade, de um indivíduo com marcas de longa duração, que ainda não estava presente no catálogo de referência, ela recebia um número de nova identificação e era então incluída no catálogo.

Um catálogo de referência e uma matriz de dados gerais de fotoidentificação foi construído para cada espécie (arquivo digital em Excel descrito no Procedimento Operacional Fotoidentificação). No entanto, o procedimento de triagem e de catalogação inicial seguia a ordem cronológica de ocorrência do registro. Apenas na última etapa, de processamento de identificação, uma terceira rodada de avaliação das fotos era realizada por espécie. Naquele momento, todos os registros de qualidade (A), (B+) e (B-) eram comparados com os catálogos de referência já elaborados, por espécie, para a busca por correspondentes, ou seja, para identificação dos indivíduos. Em caso de identificação positiva (*matches*), o número do indivíduo catalogado era vinculado ao registro fotográfico em análise. Em caso de não reconhecimento com os indivíduos catalogados, e quando a qualidade da foto não permitia seguramente a catalogação de um novo indivíduo, o registro em análise era classificado como não identificado (NI).

Por fim, na triagem inicial e nas duas últimas rodadas de observação das fotos, todas as lesões epidérmicas de interesse e/ou mutilações foram separadas e avaliadas. Todos os registros de lesões foram copiados para pastas específicas por espécies, seguindo uma avaliação da prevalência de lesões por espécie e uma descrição qualitativa das lesões mais explícitas e frequentes. A partir do 6º ciclo, repetiu-se a categorização e descrição mais refinada de cada tipo de lesão realizada nos ciclos anteriores, além de uma quantificação de cada tipo de lesão por espécie.

Após todas as etapas de processamento dos registros fotográficos, houve um acompanhamento do número total de registros utilizados por espécies, bem como um acompanhamento do número de indivíduos incluídos em cada catálogo de referência (por espécie). Uma avaliação no número de registros identificados por campanha e espécie finalizou os registros das campanhas. Mapas de ocorrência

por indivíduo incluíram as ‘recapturas’ – reconhecimento de indivíduo já catalogado em outro dia de campo.

Ao longo de todos os ciclos, a comparação de catálogos com os de outros grupos de pesquisa fez parte dos esforços. A mesma equipe envolvida no processamento das fotos do PMC participou de todo procedimento de comparação. Ou seja, os catálogos de outros grupos de pesquisa foram disponibilizados para a coordenação de fotoidentificação do PMC (com exceção do catálogo de *Balaenoptera musculus*, *Balaenoptera physalus* e *Balaenoptera borealis* – ver adiante). O procedimento de comparação de catálogos seguiu os mesmos procedimentos de processamento feitos para as fotos do PMC. Todos os *matches* (reconhecimento de indivíduo já catalogado) identificados eram planilhados, incluindo data e localização de cada registro. Essas informações também foram utilizadas para a confecção de mapas de ocorrência por indivíduos, permitindo a discussão de padrões de movimentos entre áreas.

### **III.7 Coleta de biópsias**

As biópsias coletadas durante as Campanhas de Avistagem Embarcada/MAP e de Telemetria utilizaram balestras (120 e 150 bar de pressão) e dardos flutuantes (corpo de fibra de carbono e flutuador de poliuretano) com ponteiras de aço inoxidável especialmente desenvolvidas para amostragem de cetáceos (CETADART, Copenhagen, Dinamarca). Nas Campanhas de Avistagem Embarcada/MAP, a proa da embarcação serviu de base para a realização das biópsias (**Figura III.7-1**), amostrando delfinídeos em comportamento de *bow-riding* (nadando na frente da proa), de forma oportunista. Nas Campanhas de Telemetria, as biópsias foram feitas tanto da proa da embarcação quanto do bote inflável utilizado para realizar os procedimentos de marcação. A marcação dos cetáceos de pequeno e médio porte foi feita por dardos com ponteiras de 25 mm, próprias para pequenos cetáceos, disparados pela balestra de 120 bar de pressão. Para cetáceos de grande porte, foram utilizados dardos com ponteiras de 40 mm disparados pela balestra de 150 bar de pressão.



**Figura III.7-1:** Coleta de biópsia da proa do bote inflável durante Campanha de Telemetria do PMC-BS.

Durante os quatro anos, as amostras de pele que se desprenderam de alguns espécimes de misticeto (baleia-de-Bryde, baleia-jubarte e baleia-azul) e de odontoceto (cachalote) também foram coletadas na água. É comum que peles se desprendam de algumas espécies de cetáceo durante os comportamentos aéreos ou as socializações, e sua coleta é uma alternativa oportunista e não intrusiva para obter amostras desses animais (VALSECCHI et al., 1998).

O fracionamento de cada amostra de biópsia ocorreu após a coleta (**Figura III.7-2**), separando material biológico para as análises de contaminantes, de biomarcadores e de genética.

Os procedimentos para o fracionamento, a identificação e o acondicionamento das amostras estão descritos em detalhes no Procedimento Operacional 02. Cada biópsia feita resulta no preenchimento de uma ficha de biópsia pelo profissional envolvido na coleta ou no fracionamento da amostra, com informações como: data, hora, número da biópsia, responsável pela coleta e fracionamento, espécie ou menor nível taxonômico identificado, coordenadas geográficas, condição do tempo,

estado do mar, tamanho e composição do grupo, reação do animal antes, durante e depois da biópsia.



**Figura III.7-2:** Triagem da amostra de biópsia coletada durante Campanha de Telemetria do PMC-BS.

## IV. ESFORÇO E TAMANHO AMOSTRAL POR ÁREA TEMÁTICA

Este item apresenta um resumo executivo da coleta de dados por cada área temática durante as 24 campanhas executadas no âmbito do PMC-BS nos quatro anos do projeto (**Quadro IV-1** a **Quadro IV-4**). A ênfase das informações apresentadas neste item refere-se ao esforço amostral empregado nos quatro anos do projeto. O tamanho amostral também foi summarizado, como o número de detecções de grupos de cetáceos, número de amostras de biópsia coletadas e número de animais fotoidentificados ou marcados com transmissores. Todas as informações contidas neste relatório estão inseridas e disponíveis online no sistema de armazenamento e visualização de dados do PMC-BS (SisPMC), que pode ser acessado no seguinte endereço: <<http://sispmcprd.petrobras.com.br/sispmc>>.

**Quadro IV-1: Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 1 e 2 do PMC-BS.**

Indicadores	Ciclo 1			Ciclo 2		
	Avistagem Aérea	Avistagem Embarcada e MAP	Telemetria	Avistagem Aérea	Avistagem Embarcada e MAP	Telemetria
Período da Campanha	07/12/2015 – 13/12/2015	27/11/2015 – 05/01/2016	22/02/2016 – 17/03/2016	28/03/2016 – 04/04/2016	10/05/2016 – 20/06/2016	10/08/2016 – 03/09/2016
Estação do Ano	Final da primavera	Final primavera / início do verão	Final do verão	Início do outono	Final do outono	Inverno
Dias de mobilização	12	41	25	9	42	25
Dias com amostragem	7	Avistagem: 37 MAP: 33	22	7	Avistagem: 40 MAP: 40	24
Esforço amostral (horas)	24:00	Avistagem: 389:52 MAP: 357:12	246:18	29:06	Avistagem: 410:51 MAP: 398:42	248:12
Esforço amostral (km)	5.719,9	Avistagem: 4.937,1 MAP: 4.668,9	2.850,8	4.873,9	Avistagem: 5.462,5 MAP: 5.191,2	2.603,2

**Quadro IV-2: Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 3 e 4 do PMC-BS.**

Indicadores	Ciclo 3			Ciclo 4		
	Avistagem Aérea	Avistagem Embarcada e MAP	Telemetria	Avistagem Aérea	Avistagem Embarcada e MAP	Telemetria
Período da Campanha	20/09/2016 - 30/09/2016	27/09/2016 – 06/11/2016	31/01/2017 - 24/02/2017	27/01/2017 - 06/02/2017	08/03/2017 – 18/04/2017	05/07/2017 - 29/07/2017
Estação do Ano	Início da primavera	Primavera	Verão	Verão	Verão/outono	Inverno
Dias de mobilização	10	41	25	10	42	27
Dias com amostragem	9	Avistagem: 36 MAP: 36	24	10	Avistagem: 39 MAP: 38	24
Esforço amostral (horas)	27:30	Avistagem: 420:08 MAP: 397:30	288:24	27:20	Avistagem: 434:55 MAP: 409:42	329:42
Esforço amostral (km)	7.326	Avistagem: 5.500,2 MAP: 5.235,6	3.382,3	6.546,8	Avistagem: 5.541,9 MAP: 5.241,2	3.386,9

**Quadro IV-3: Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 5 e 6 do PMC-BS.**

Indicadores	Ciclo 5			Ciclo 6		
	Avistagem Aérea	Avistagem Embarcada e MAP	Telemetria	Avistagem Aérea	Avistagem Embarcada e MAP	Telemetria
Período da Campanha	03/12/2017 – 11/12/2017	25/08/2017 – 07/10/2017	28/10/2017 – 21/11/2017	19/04/2018 – 27/04/2018	12/01/2018 – 20/02/2018	21/03/2018 – 14/04/2018
Estação do Ano	Primavera	Inverno / primavera	Primavera	Outono	Verão	Outono
Dias de mobilização	10	44	29	9	40	27
Dias com amostragem	9	Avistagem: 40 MAP: 40	25	7	Avistagem: 37 MAP: 37	24
Esforço amostral (horas)	29:58	Avistagem: 435:40 MAP: 408:30	276:30	26:55	Avistagem: 444:20 MAP: 426:30	261:30
Esforço amostral (km)	5,989	Avistagem: 5.583,8 MAP: 5.187,5	2.920,6	5.666	Avistagem: 5.863,4 MAP: 5.606	3.122,5

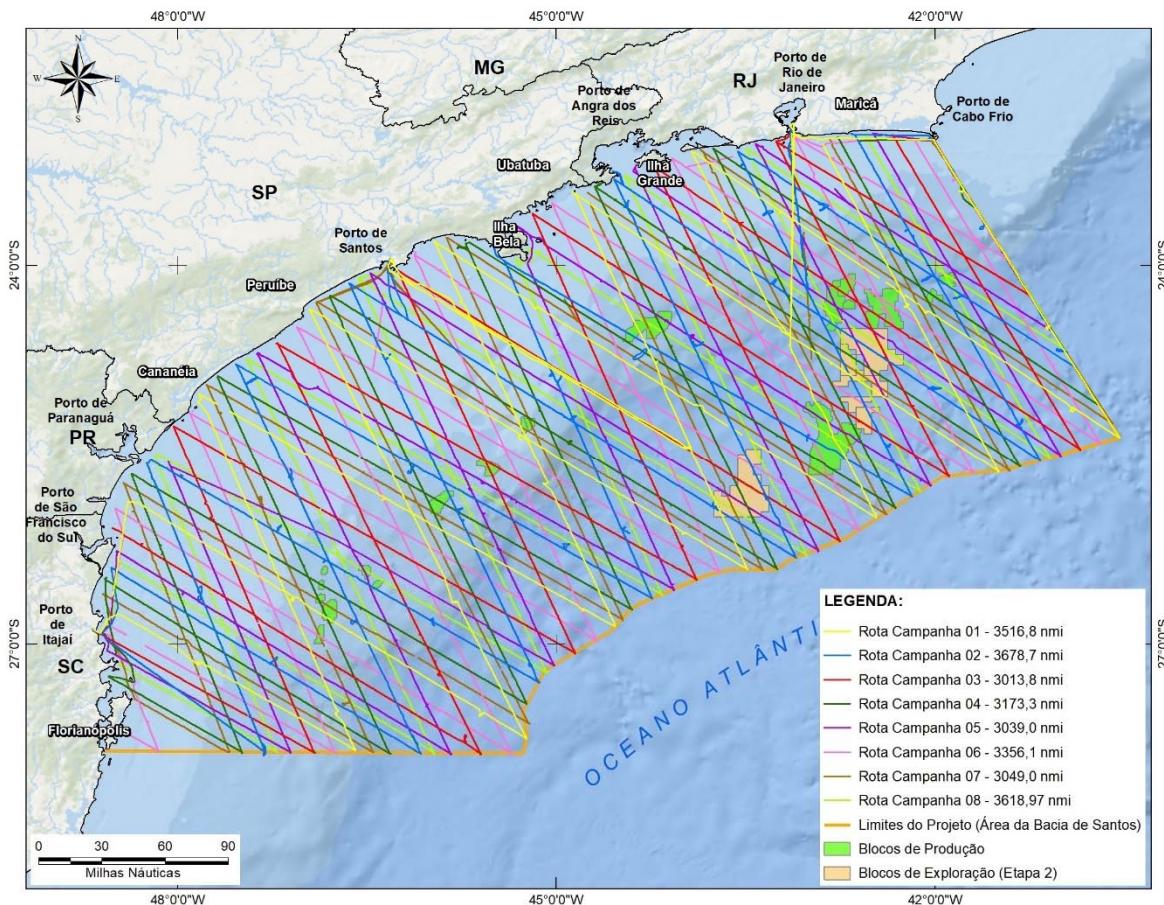
**Quadro IV-4: Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 7 e 8 do PMC-BS.**

Indicadores	Ciclo 7			Ciclo 8		
	Avistagem Aérea	Avistagem Embarcada e MAP	Telemetria	Avistagem Aérea	Avistagem Embarcada e MAP	Telemetria
Período da Campanha	06/09/2018 – 12/09/2018	01/09/2019 – 20/10/2018	18/07/2018 - 11/08/2018	12/02/2019 – 22/02/2019	13/03/2019 – 26/04/2019	16/01/2019 – 09/02/2019
Estação do Ano	Inverno	Inverno / primavera	Inverno	Verão	Verão / outono	Verão
Dias de mobilização	7	50	25	11	45	25
Dias com amostragem	7	Avistagem: 46 MAP: 43	24	8	Avistagem: 37 MAP: 37	24
Esforço amostral (horas)	31:06	Avistagem: 477:19 MAP: 435:07	239:54	28:03	Avistagem: 425:28 MAP: 410:22	298:10
Esforço amostral (km)	6.066,58	Avistagem: 5.930,47 MAP: 5.446,05	1.272,73	6.073,75	Avistagem: 5.502,30 MAP: 5.469,85	1.652,55

## IV.1 Avistagem Embarcada

Foram realizadas oito campanhas embarcadas nos quatro primeiros anos do PMC-BS, percorrendo-se um total de 23.926,0 milhas náuticas em esforço durante 312 dias de campo (**Figura IV.1-1** e **Tabela IV.1-1**). Em média, a cada dia, aproximadamente 73,2 milhas náuticas foram percorridas e 10,6 horas de esforço de procura por cetáceos foi realizado.

Ao longo das oito campanhas de avistagem, foram detectados visualmente 768 grupos de cetáceos. Desses, o esforço sistemático envolveu 708 grupos (92,2%) e o restante foram em linhas de deslocamento fora da malha sistemática de transecções ou durante pausas na amostragem para descanso ou abrigo de tempo ruim. Foram identificadas 25 espécies de cetáceos nas oito campanhas de avistagem, com uma média de quase 13 espécies identificadas por campanha.



**Figura IV.1-1:** Rotas percorridas durante as Campanhas de Avistagem Embarcada nos quatro primeiros anos do PMC-BS.

**Tabela IV.1-1: Resumo do esforço e tamanho amostral nas Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC-BS.**

Indicadores	Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP								TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Período da campanha	27/11/15 – 05/01/16	10/05/16 – 20/06/16	27/09/16 – 06/11/16	08/03/17 – 18/04/17	25/08/17 – 07/10/17	12/01/18 – 20/02/18	01/09/18 – 20/10/19	13/03/19 – 26/04/19	-
Dias de mobilização	40	42	41	42	44	40	50	45	344
Dias com amostragem	37	40	36	39	40	37	46	37	312
Esforço amostral (horas)	389:52	410:51	420:08	434:55	435:40	444:20	477:19	425:28	3.438:33
Média de horas por dia	10,5	10,3	10,2	11,2	10,9	12,1	10,4	9,5	10,6
Esforço amostral (milhas náuticas)	2.665,8	2.949,5	2.969,9	2.992,4	3.015,5	3.166,1	3.202,2	2.964,6	23.926,0
Média de milhas náuticas por dia	72,0	73,7	72,4	71,2	75,4	85,6	69,6	65,9	73,2
Número de grupos de cetáceos total	53	83	121	65	123	77	158	88	768
Número de grupos de cetáceos em esforço	47	76	115	56	121	69	140	84	708
Média de grupos por dia em esforço	1,3	1,9	3,2	1,4	3,1	2,1	2,1	3,0	18,1
Número mínimo de espécies identificadas*	12	13	14	10	11	11	15	16	25

\* Inclui espécies observadas fora de esforço sistemático e gêneros sem confirmação da espécie.

## IV.2 Monitoramento Acústico Passivo

O esforço de Monitoramento Acústico Passivo ocorreu durante todas as oito campanhas de Avistagem e MAP, em conjunto com o esforço de Avistagem. A **Tabela IV.2-1** apresenta o esforço amostral efetivo, incluindo o total e a média de horas de esforço diário, milhas náuticas percorridas, número de detecções acústicas de cetáceos e o total de espécies identificadas.

O esforço de MAP dos quatro anos do PMC-BS totalizou 3.243 horas e cerca de 42.000 km percorridos, incluindo o registro de 877 detecções acústicas de cetáceos. A gravação contínua dos dados aconteceu durante a locomoção em todos os transectos. O total de todas as campanhas produziu 57.365 arquivos de áudio e um volume de 30 Terabytes (TB) de gravações em estéreo, tanto para as gravações de taxa de amostragem de 192 kHz (programa ISHMAEL) como 500 kHz (programa PAMGUARD). A **Tabela IV.2-2** apresenta o número total de arquivos de áudio e o volume de dados gerados para as oito campanhas executadas.

**Tabela IV.2-1: Resumo do esforço e tamanho amostral nas Campanhas de MAP do PMC-BS.**

Indicadores	Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP								TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Período da campanha	27/11/15 – 05/01/16	10/05/16 – 20/06/16	27/09/16 – 06/11/16	08/03/17 – 18/04/17	25/08/17 – 07/10/17	12/01/18 – 20/02/18	01/09/18 – 20/10/18	13/03/19 – 26/04/19	-
Dias de Mobilização	41	42	41	42	44	40	50	45	345
Dias com Amostragem	33	40	36	38	40	37	43	37	304
Esforço Amostral (horas)	357,2	398,7	397,5	409,7	408,5	426,5	435,1	410,4	3.243,6
Média de horas de esforço por dia	10,8	10,0	11,0	10,8	10,2	11,5	10,1	11,1	10,7
Esforço Amostral (milhas náuticas)	2.521,0	2.803,0	2.827,0	2.830,0	2.801,0	3.027,0	2.940,6	2.953,5	22.703,1
Média de milhas náuticas por dia	76,4	70,0	68,9	67,4	73,7	81,8	68,3	79,8	73,3
Número de Detecções Acústicas	82	99	139	92	134	99	120	112	877
Média de Detecções (diário)	2,5	2,5	3,9	2,4	3,4	2,7	2,8	3,0	2,9
Número de Espécies Identificadas*	09	09	12	10	09	09	12	12	15

\* Número de espécies com registros acústicos validados e catalogados. A identificação foi feita pelo método visual, acústico ou genético. Pode incluir táxons com identificação por espécie, gênero ou até mesmo família, no caso de espécies mais raras. Detecções acústicas de grupos com mais de uma espécie presente (grupos mistos) não foram incluídas.

**Tabela IV.2-2:** Lista do número total de arquivos de áudio e volume do PAMGUARD e do ISHMAEL separados por ciclo e o total para quatro anos de PMC-BS. ISH = gravações do programa ISHMAEL. PG = gravações do programa PAMGUARD

Ciclo	Número de Arquivos ISH	Volume Total ISH (TB)	Número de Arquivos PG	Volume Total PG (TB)	Total Arquivos ISH + PG	Volume Total ISH + PG (TB)
1	2.341	0,95	4.747	2,55	7.088	3,49
2	2.566	0,99	5.039	2,61	7.065	3,60
3	2.519	1,02	5.340	2,63	7.859	3,65
4	2.715	1,03	5.724	2,67	8.439	3,70
5	2.652	1,01	5.441	2,67	8.040	3,66
6	2.944	1,09	5.843	2,78	8.787	3,87
7	3.056	1,11	5.662	2,84	8.718	3,96
8	2.862	1,05	5.203	2,69	8.605	3,74
<b>Total</b>	<b>21.655</b>	<b>8,25</b>	<b>38.193</b>	<b>287,75</b>	<b>57.365</b>	<b>29,67</b>

No total de quatro anos do PMC-BS, foram registradas e validadas 877 detecções acústicas de cetáceos, com uma média de três detecções por dia. Para a maioria das detecções acústicas (66%), não houve avistagens pela equipe visual. Por isso, muitas foram classificadas apenas por ordem ou família. Os registros acústicos confirmados e separados por espécie, gênero ou até mesmo família (para táxons mais raros como as baleias-bicudas), totalizaram 284 (pouco mais de 30% do total de detecções). Estas detecções foram catalogados na SONOTECA do PMC-BS, representadas por dezesseis táxons diferentes (**Tabela IV.2-3**). Grupos mistos de duas ou mais espécies não foram incluídos (n = 13).

A maioria dos táxons foi identificada em detecções conjuntas com a equipe de avistagem, com poucas exceções, nas quais foi possível fazer a identificação somente pelo registro acústico, conforme será discutido adiante.

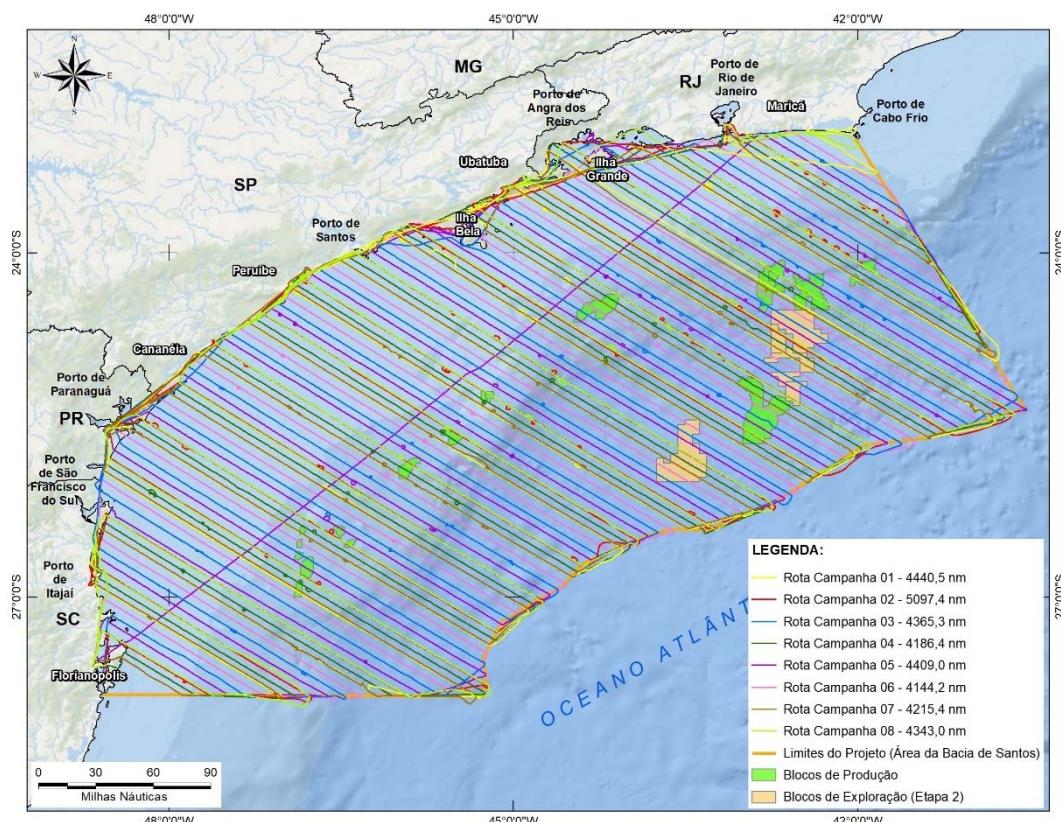
**Tabela IV.2-3:** Número de registros acústicos realizados durante os quatro anos do PMC-BS, identificados pelos diferentes grupos taxonômicos catalogados na SONOTeca.

Táxon/Campanha	Campanhas de MAP								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
<i>Stenella longirostris</i>	2	2	2	0	1	3	1	1	12
<i>Stenella attenuata</i>	2	3	2	1	0	0	1	3	12
<i>Stenella clymene</i>	0	1	1	0	0	1	1	3	7
<i>Stenella frontalis</i>	2	9	5	15	8	21	4	16	80
<i>Stenella</i> sp.	1	0	1	0	3	0	0	1	6
<i>Tursiops truncatus</i>	1	2	0	3	0	4	4	6	20
<i>Steno bredanensis</i>	0	2	1	0	0	1	0	1	5
<i>Grampus griseus</i>	1	3	0	1	1	0	1	1	8
<i>Globicephala</i> sp.	1	0	6	0	2	0	2	0	11
<i>Delphinus</i> sp.	0	0	2	0	0	1	1	0	4
<i>Feresa attenuata</i>	0	0	0	1	0	1	0	1	3
<i>Peponocephala electra</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Physeter macrocephalus</i>	8	7	2	2	5	2	8	4	38
<i>Kogia</i> sp.	2	1	4	2	4	1	1	1	16
<i>Pontoporia blainvilliei</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	2
Ziphiidae	0	0	2	1	4	0	1	1	9
<i>Megaptera novaeangliae</i>	0	0	9	0	28	0	13	0	50
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>30</b>	<b>37</b>	<b>27</b>	<b>56</b>	<b>35</b>	<b>38</b>	<b>40</b>	<b>284</b>

## IV.4 Avistagem Aérea

Nesses primeiros quatro anos de PMC-BS foram realizadas oito Campanhas de Avistagem Aérea, durante as quais foram percorridos 48.261 km em esforço ao longo de 56 dias de campo (**Figura IV.4-1** e **Tabela IV.4-1**). Em média, em cada dia de campo foram percorridos 861,8 km durante quatro horas de esforço. Todas as campanhas foram concluídas dentro do período previsto de 15 dias, com eventuais pausas na amostragem devido às condições meteorológicas e oceanográficas desfavoráveis para avistagem.

Ao longo dessas oito campanhas, o registro total de 594 grupos de cetáceos identificou 16 espécies e um gênero sem a confirmação de espécie. Desses, cinco pertencem à subordem Mysticeti (*Balaenoptera acutorostrata*; *Balaenoptera bonaerensis*; *Balaenoptera borealis*; *Balaenoptera brydei*; *Megaptera novaeangliae*) e 12 pertencem à subordem Odontoceti (*Globicephala* sp.; *Grampus griseus*; *Orcinus orca*; *Pseudorca crassidens*; *Sotalia guianensis*; *Stenella attenuata*; *Stenella frontalis*; *Stenella longirostris*; *Steno bredanensis*; *Tursiops truncatus*; *Physeter macrocephalus*; *Pontoporia blainvillei*).



**Figura IV.4-1: Rotas percorridas durante as Campanhas de Avistagem Aérea nos quatro primeiros anos do PMC-BS.**

**Tabela IV.4-1: Resumo do esforço e tamanho amostral das Campanhas de Avistagem Aérea dos primeiros quatro anos do PMC-BS.**

Indicadores	Campanhas de Avistagem Aérea								TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Período da campanha	07/12/15 – 13/12/15	28/03/16 – 04/04/16	21/09/16 – 29/09/16	30/01/17 – 05/02/17	01/12/17 – 11/12/17	20/04/18 – 27/04/18	06/09/18 – 12/09/18	12/02/19 – 22/02/19	-
Dias de mobilização	12	9	12	13	10	8	7	11	82
Dias com amostragem	7	7	7	7	6	7	7	8	56
Esforço amostral (horas)	24,0	34,3	27,5	27,33	29,9	26,92	31,1	28,05	229,1
Média de horas por dia	3,4	4,9	3,93	3,9	4,98	3,85	4,44	3,5	4,09
Esforço amostral (km)	5.720	4.874	7.326	6.547	5.989	5.666	6.066	6.073	48.261
Número de grupos de cetáceos total	50	73	56	23	59	84	132	69	594
Média de grupos por dia em esforço	7,1	10,4	8.0	3,3	9,8	12,0	18,8	8,6	10,6
Número de espécies identificadas*	4	12	5	2	11	14	9	7	17

\* Inclui gêneros sem confirmação da espécie.

## IV.5 Telemetria

As oito Campanhas de Telemetria efetuadas até o momento totalizaram 152 dias de amostragem, com 9.498,4 milhas náuticas percorridas e 1.651,2 horas de esforço amostral (**Tabela IV.5-1** e **Figura IV.5-1**). Foram detectados 580 grupos de cetáceos pertencendo a pelo menos 21 espécies (ver item IV.1).

Sessenta e seis transmissores satelitais foram utilizados até o momento. Quinze foram perdidos por falha no procedimento de instalação (22,72%), enquanto seis (9,1%) não transmitiram dados. Esse fato pode estar relacionado a problemas técnicos no transmissor, embora todos tenham sido testados previamente, ou mesmo à posição de fixação do transmissor no corpo do animal, que pode não ter favorecido a transmissão de dados. Um total de 51 transmissores (77,3%) foram instalados com sucesso em 12 espécies de cetáceos, sendo cinco misticetos e sete odontocetos (**Tabela IV.5-2**). Desses, 12 transmissores eram da configuração implantável e 39 da configuração LIMPET. Nem todos os transmissores implantados com sucesso resultaram em dados utilizáveis, pois houve falha de coleta de dados em alguns e outros coletaram poucas informações que acabaram eliminadas depois da filtragem e eliminação das posições mais imprecisas. Os dados usados para análise, portanto, referem-se a 45 transmissores. *Tursiops truncatus* foi a espécie com o maior número de indivíduos marcados ( $n = 14$ ), seguida de *Balaenoptera borealis* ( $n = 9$ ) e *Megaptera novaeangliae* ( $n = 9$ ).

O maior número de tentativas de marcação com transmissores satelitais ocorreu na 2<sup>a</sup> e na 7<sup>a</sup> Campanha (23 em cada), enquanto de DTAG foi na 5<sup>a</sup> Campanha ( $n = 10$ ). O maior sucesso de marcação ocorreu na 6<sup>a</sup> Campanha (63,6%). O maior número de cetáceos de grande porte registrados nas campanhas de inverno e primavera foi o principal fator relacionado a um maior número de tentativas de marcação nas campanhas dessas estações, assim como de transmissores utilizados.

Ao longo de quatro anos, foram colocados tags arquivais (DTAGs) em cinco espécies de misticetos e quatro espécies de odontocetos, totalizando 16 procedimentos de instalação com sucesso. O tempo de transmissão dos transmissores satelitais manteve-se entre 2 e 60 dias, dos quais 39,1% transmitiram por menos de 10 dias (**Tabela IV.5-3**).

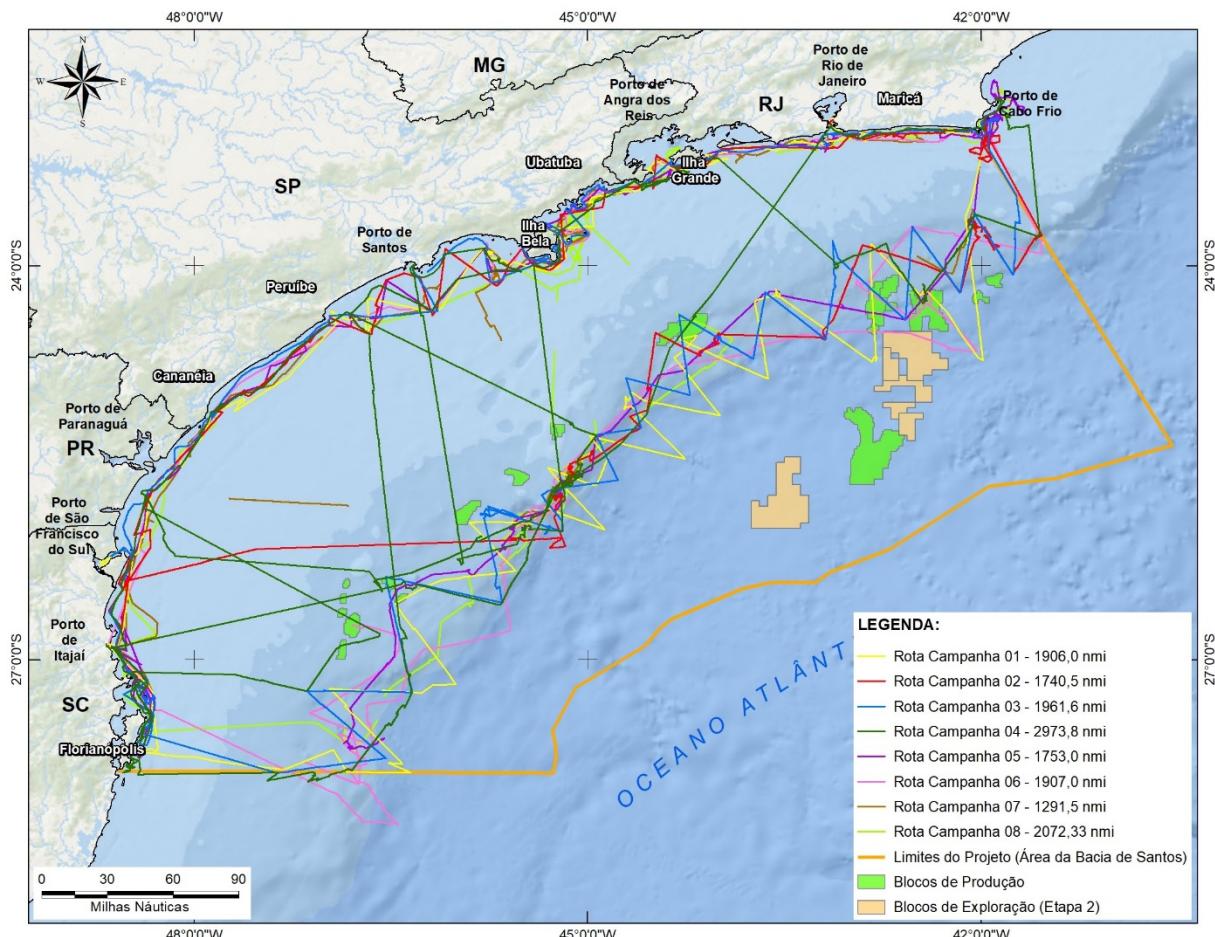
**Tabela IV.5-1: Resumo do esforço e tamanho amostral realizado nas Campanhas de Telemetria em quatro anos do PMC-BS.**

Indicadores	Campanhas de Telemetria								TOTAL / MÉDIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Período da campanha	22/02/16 - 17/03/16	10/08/16 - 03/09/16	31/01/17 - 24/02/17	05/07/17 - 10/08/17	28/10/17 - 21/11/17	21/03/18 - 14/04/18	18/07/18 - 11/08/18	16/01/19 - 09/02/19	---
Dias de campanha	25	25	25	37	25	25	25	25	Total: 162 Média: 20
Dias de esforço	22	24	24	34	24	24	24	24	Total: 152 Média: 19
Esforço amostral (horas)	246,3	248,2	288,4	329,7	269,2	261,6	239,9	298,2	Total: 1.651,2 Média: 206,4
Esforço amostral (milhas náuticas)	1.579,3	1.405,6	1.826,3	1.828,8	1.818,7	1.686,3	1.272,7	1.652,5	Total: 9.525,4 Média: 1.190,8
Esforço amostral (milhas náuticas) na região costeira/oceânica	704,2/ 875,1	872,5/ 533,1	851,4/ 974,9	904,1/ 924,7	1.281,7/ 537,0	773,8/ 912,5	1.119,5/ 152,2	1.189,5/ 463,1	Total: 5.641,2/ 3.923,1
Dias amostrados na região costeira/oceânica	11/11	14/10	12/12	17/17	16/8	13/11	20/4	18/6	Total: 92/60

Indicadores	Campanhas de Telemetria								TOTAL / MÉDIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	
									Média: 11,5/7,5
Número de grupos de cetáceos	52	96	44	121	64	36	101	66	Total: 580 Média: 72,5
Número de espécies registradas	10	10	9	14	10	9	12	11	Total: 23 Média: 10,6
Número de indivíduos registrados	1.181	1.034	1.267	1.212	1.415	3.598	974	1.886	Total: 12.567 Média: 1.570,9
Número total de tentativas de marcação	13	25	12	21	28	11	29	12	Total: 151 Média: 18,9
Número de tentativas de marcação com transmissor satelital	10	23	5	16	18	10	23	10	Total: 115 Média: 14,4
Número de animais marcados com sucesso com transmissor satelital	2	14	4	6	4	6	13	2	Total: 51 Média: 6,6

Indicadores	Campanhas de Telemetria								TOTAL / MÉDIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Número de espécies marcadas com sucesso com transmissor satelital	1	6	1	5	2	2	6	2	Total: 12 Média: 1,8
Número de tentativas de marcação com DTAG (e CATS a partir da 6ª campanha)	3	2	7	5	10	1	6	2	Total: 36 Média: 4,5
Número de animais marcados com DTAG (e CATS a partir da 6ª campanha)	1	1	1	3	5	1	3	2	Total: 17 Média: 2,1
Número de espécies marcadas com DTAG	1	1	1	3	2	1	3	2	Total: 9 Média: 1,1
Taxa de sucesso de inserção de transmissores*	23,1%	60%	41,7%	42,8%	32,1%	63,6%	55,2%	33,3%	Média: 43,9%

\* O cálculo do sucesso de marcação considerou o percentual de transmissores instalados com sucesso em relação ao número de tentativas de marcação (ou seja, foram excluídos desse cálculo apenas os transmissores com problemas no procedimento de instalação).



**Figura IV.5-1:** Rotas percorridas durante as Campanhas de Telemetria nos quatro anos de PMC-BS.

**Tabela IV.5-2:** Espécies de cetáceos marcadas com sucesso com transmissores satelitais, usando diferentes sistemas de ancoragem, e DTAGs durante as oito Campanhas de Telemetria na Bacia de Santos. I = implantável; L = LIMPET.

Espécie	Nome popular	Tipo de transmissor				Total
		I	L	DTAG	CATS	
Subordem Mysticeti, Família Balaenopteridae						
<i>Balaenoptera physalus</i>	Baleia-fin	0	1	1	0	2
<i>Balaenoptera borealis</i>	Baleia-sei	2	7	1	1	11
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Baleia-jubarte	9	0	6	0	15
<i>Balaenoptera brydei</i>	Baleia-de-Bryde	0	3	2	0	5
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	Baleia-minke-antártica	0	1	0	0	1
Subordem Mysticeti, Família Balaenidae						
<i>Eubalaena australis</i>	Baleia-franca-austral	0	0	2	0	2
Subordem Odontoceti, Família Delphinidae						
<i>Tursiops truncatus</i>	Golfinho-nariz-de-garrafa	0	14	0	0	14
<i>Orcinus orca</i>	Orca	0	6	1	0	7
<i>Peponocephala electra</i>	Golfinho-cabeça-de-melão	0	2	1	0	3
<i>Globicephala</i> sp.	Baleia-piloto	0	1	1	0	2
<i>Grampus griseus</i>	Golfinho-de-Risso	0	1	0	0	1
<i>Steno bredanensis</i>	Golfinho-de-dentes-rugosos	0	1	0	0	1
Subordem Odontoceti, Família Physeteridae						
<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalote	1	2	1	0	4
<b>TOTAL</b>		<b>12</b>	<b>39</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>68</b>

**Tabela IV.5-3:** Duração (em dias) da coleta de dados dos transmissores satelitais implantados em cetáceos de acordo com tipo de ancoragem durante as oito Campanhas de Telemetria do PMC na Bacia de Santos.

Ancoragem	Duração (dias)		
	Mínima	Máxima	Média
Implantável	3	60	16,4
LIMPET	2	59	9,8

## IV.6 Fotoidentificação

No total, considerando todos os ciclos, 118.167 fotos foram integralmente processadas (925,4 GB). Houve variação de um ciclo para o outro na taxa de análise (**Tabela IV.6-1**), que se deve à variação na composição de espécies fotoidentificadas – espécies com catálogos maiores tendem a exigir maior tempo de processamento – e pela possibilidade do processamento ser acelerado para algumas campanhas, cujos esforços intensivos da equipe permitiram a inclusão dos resultados nos relatórios de ciclo ou anual.

**Tabela IV.6-1:** Resumo dos dados processados por ciclos e campanhas embarcadas do PMC-BS (A – Avistagem e MAP; T – Telemetria).

Ciclo	Campanha	Nº de registros	Bytes (GB)	Nº de dias trabalhados
1º	Avist./MAP (A1)	3.355	33,9	18 dias
	Telemetria (T1)	5.208	50,7	34 dias
	<b>TOTAL</b>	<b>8.563</b>	<b>84,6</b>	<b>52 dias</b>
2º	Avist./MAP (A2)	2.578	31,8	12 dias
	Telemetria (T2)	9.921	70,1	29 dias
	<b>TOTAL</b>	<b>12.499</b>	<b>101,9</b>	<b>41 dias</b>
3º	Avist./MAP (A3)	1.767	28,5	10 dias
	Telemetria (T3)	5.932	23,8	22 dias
	<b>TOTAL</b>	<b>7.699</b>	<b>52,3</b>	<b>32 dias</b>
4º	Avist./MAP (A4)	2.397	20,7	28 dias
	Telemetria (T4)	20.593	176,2	20 dias
	<b>TOTAL</b>	<b>22.990</b>	<b>196,9</b>	<b>48 dias</b>
5º	Avist./MAP (A5)	2.443	16,7	18 dias
	Telemetria (T5)	9.888	96,0	25 dias
	<b>TOTAL</b>	<b>12.331</b>	<b>112,7</b>	<b>43 dias</b>
6º	Avist./MAP (A6)	6.072	40,1	25 dias
	Telemetria (T6)	14.950	88,1	28 dias
	<b>TOTAL</b>	<b>21.022</b>	<b>128,2</b>	<b>53 dias</b>
7º	Avist./MAP (A7)	6.159	42,8	18 dias
	Telemetria (T7)	10.296	71,7	25 dias
	<b>TOTAL</b>	<b>16.455</b>	<b>114,5</b>	<b>43 dias</b>
8º	Avist./MAP (A8)	12.000	79	27 dias
	Telemetria (T8)	14.904	127	30 dias
	<b>TOTAL</b>	<b>26.904</b>	<b>206</b>	<b>57 dias</b>
<b>Total Final</b>		<b>118.167</b>	<b>925,4</b>	<b>326 dias</b>

A Tabela IV.6-2 propõe um acompanhamento do número total de registros utilizados (qualidades A, B+ ou B-) por espécie, definido após a triagem inicial, acumulado até o 6º Ciclo e detalhando para o 7º e 8º Ciclo (esta mesma tabela vem sendo atualizada em todos os relatórios), e acumulado até o 8º Ciclo. Os dados detalhados referentes aos seis primeiros ciclos já foram apresentados textualmente em relatórios anuais anteriores (PETROBRAS, 2018b). Os dados acumulados durante os 4 anos produziram 21.552 registros, dos quais as espécies que mais contribuíram com registros utilizados foram: *Tursiops truncatus* (21%), *Globicephala* sp. (14.7%), *Peponocephala electra* (9.5%), *Grampus griseus* (8.9%) e *Stenella frontalis* (6.9%).

**Tabela IV.6-2: Registros fotográficos do PMC-BS utilizados para cada espécie, com número acumulado até o 6º ciclo e até o 4º ano, e detalhamento para o 7º e 8º ciclos (T – telemetria; A = Avistagem e MAP.**

Ciclo	Até 6º	7º		8º		Até 8º	%
		T7	A7	T8	A8		
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	35	0	0	0	0	35	0,16
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	38	0	0	0	0	38	0,18
<i>Balaenoptera borealis</i>	539	267	25	0	0	831	3,86
<i>Balaenoptera brydei</i>	501	3	0	192	0	696	3,23
<i>Balaenoptera musculus</i>	83	0	0	0	0	83	0,39
<i>Balaenoptera physalus</i>	190	0	0	0	0	190	0,88
<i>Delphinus</i> sp.	209	0	9	0	0	218	1,01
<i>Feresa attenuata</i>	85	0	0	289	139	513	2,38
<i>Globicephala</i> sp.	24	0	1.452	977	733	3.186	14,79
<i>Grampus griseus</i>	607	0	23	910	379	1.919	8,91
<i>Kogia simus</i>	0	0	0	0	19	19	0,09
<i>Lagenodelphis hosei</i>	154	0	0	0	0	154	0,71
<i>Megaptera novaengliae</i>	661	447	241	0	0	1.349	6,26
<i>Orcinus orca</i>	536	309	3	266	0	1.114	5,17
<i>Peponocephala electra</i>	1.040	0	0	0	1.021	2.061	9,56
<i>Physeter macrocephalus</i>	25	0	8	0	0	33	0,15
<i>Pontoporia blainvilleana</i>	4	0	0	0	0	4	0,02
<i>Pseudorca crassidens</i>	25	0	0	0	109	134	0,62
<i>Sotalia guianensis</i>	351	64	0	14	0	429	1,99
<i>Stenella attenuata</i>	107	0	26	31	4	168	0,78
<i>Stenella clymene</i>	156	0	0	0	12	168	0,78
<i>Stenella frontalis</i>	1.048	126	74	85	157	1.490	6,91

Ciclo	Até 6º	7ª		8ª		Até 8º	%
Campanha		T7	A7	T8	A8		
<i>Stenella longirostris</i>	589	0	46	43	19	697	3,23
<i>Steno bredanensis</i>	438	348	0	528	26	1.340	6,22
<i>Tursiops truncatus</i>	1.921	1.149	326	1136	142	4.674	21,69
<i>Ziphius cavirostris</i>	0	0	0	0	5	5	0,02
<b>Total</b>	<b>9.370</b>	<b>2.713</b>	<b>2.233</b>	<b>4.471</b>	<b>2.765</b>	<b>21.552</b>	<b>100,00</b>

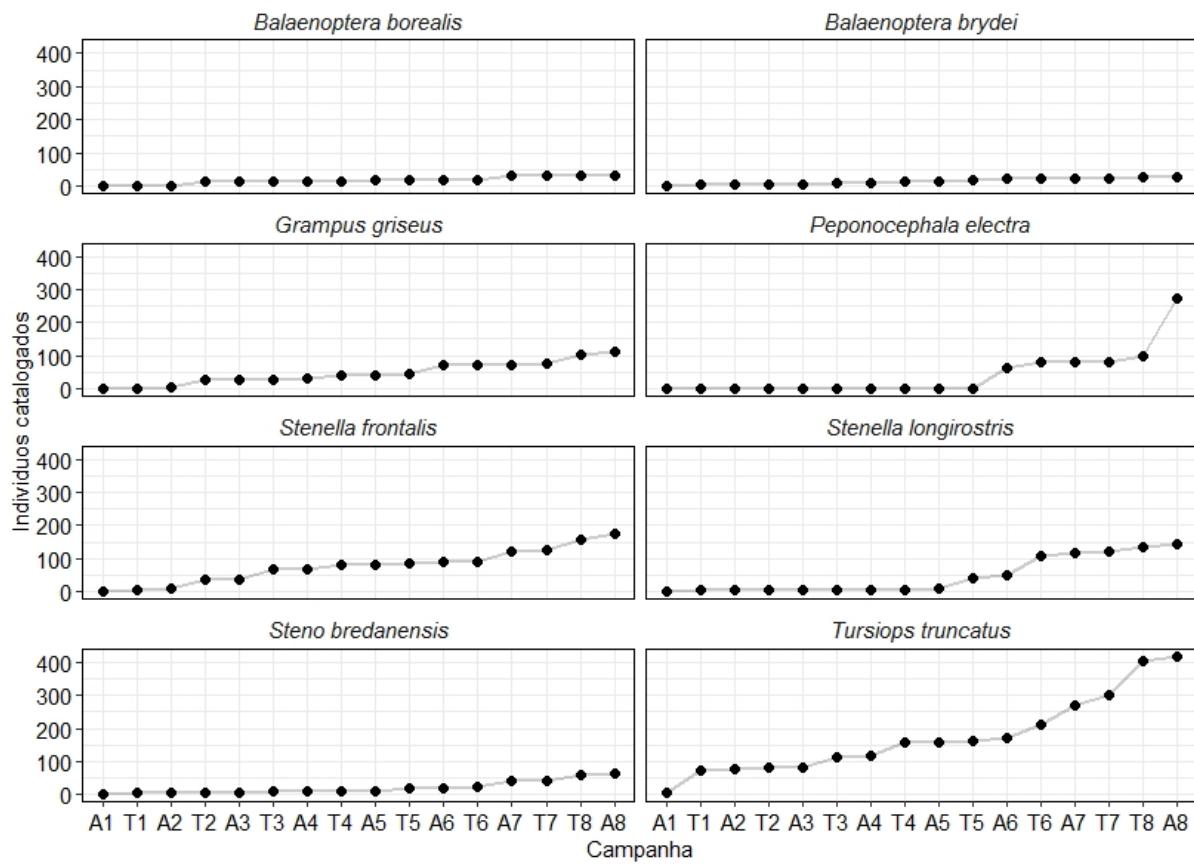
#### Confecção de catálogos de referência

Ao longo dos 4 anos, foi possível iniciar a elaboração de catálogos de referência das 26 espécies com registros fotográficos no PMC. A **Tabela IV.6-3** apresenta o acompanhamento acumulado do número de indivíduos catalogados por espécie, já organizado por campanha. Nota-se que 25% dos indivíduos catalogados até o momento são de *Tursiops truncatus* que continua dominando amplamente o banco de dados catalogados, porém, agora, seguido por *Peponocephala electra* que teve a inclusão de muitos indivíduos catalogados no 8º Ciclo. Nove (9) espécies já apresentam um catálogo com mais de 50 indivíduos e 1.670 indivíduos já estão registrados no total. O catálogo de referência completo para cada espécie será disponibilizado no SisPMC. A **Figura IV.6-1** apresenta o crescimento dos catálogos com maior número de indivíduos até o momento.

**Tabela IV.6-3:** Número de indivíduos em cada catálogo do PMC-BS, acumulado por espécie até o 6º Ciclo e atualizado para o 7º Ciclo (T7 – Telemetria do 7º Ciclo; A7 – Avistagem e MAP do 7º Ciclo) e 8º Ciclo (T8 – Telemetria do 8º Ciclo; A8 – Avistagem e MAP do 8º Ciclo).

Ciclo	Até 6º	7ª		8ª		%
Campanha		T7	A8	T8	A8	
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	1	1	1	1	1	0,06
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	3	3	3	3	3	0,18
<i>Balaenoptera borealis</i>	17	30	30	30	30	1,80
<i>Balaenoptera brydei</i>	21	21	21	25	25	1,50
<i>Balaenoptera musculus</i>	4	4	4	4	4	0,24
<i>Balaenoptera physalus</i>	13	13	13	13	13	0,78
<i>Delphinus</i> sp.	21	21	24	21	24	1,44
<i>Feresa attenuata</i>	8	8	8	28	34	2,04
<i>Globicephala</i> sp.	7	7	57	93	101	6,05

Ciclo	Até 6º	7ª		8ª		%
		T7	A8	T8	A8	
<i>Grampus griseus</i>	71	71	76	102	110	6,59
<i>Kogia sima</i>	0	0	0	0	1	0,06
<i>Lagenodelphis hosei</i>	14	14	14	14	14	0,84
<i>Megaptera novaeangliae</i>	41	56	65	65	65	3,89
<i>Orcinus orca</i>	10	16	16	25	25	1,50
<i>Peponocephala electra</i>	80	80	80	100	271	16,23
<i>Physeter macrocephalus</i>	3	3	4	3	4	0,24
<i>Pontoporia blainvilliei</i>	1	1	1	1	1	0,06
<i>Pseudorca crassidens</i>	2	2	2	2	11	0,66
<i>Sotalia guianensis</i>	47	60	60	68	68	4,07
<i>Stenella attenuata</i>	22	22	25	37	39	2,34
<i>Stenella clymene</i>	24	24	24	27	27	1,62
<i>Stenella frontalis</i>	91	121	128	157	173	10,36
<i>Stenella longirostris</i>	108	116	122	136	143	8,56
<i>Steno bredanensis</i>	25	43	43	61	63	3,77
<i>Tursiops truncatus</i>	212	270	301	405	419	25,09
<i>Ziphius cavirostris</i>	0	0	0	0	1	0,06
<b>Total</b>	<b>885</b>	<b>1.010</b>	<b>1.125</b>	<b>1.412</b>	<b>1.670</b>	<b>100</b>



**Figura IV.6-1:** Acompanhamento cumulativo entre campanhas do crescimento dos catálogos para as espécies com mais indivíduos catalogados ou reavistados. A = Avistagem e MAP; T = Telemetria.

#### Comparação de fotos com catálogos de referência: processamento final

A última etapa de análise inclui o processamento das fotos e diz respeito à comparação com catálogos de referência. A **Tabela V-1** apresenta uma síntese, por espécie e ciclo, da porcentagem do número de registros fotoidentificados entre os registros utilizados. Os registros não identificados, quando de qualidade suficiente para fotoidentificação, foram tabulados como (NI – não identificado) e foram sistematicamente reavaliados.

**Tabela IV.6-4:** Percentagem de registros identificados em relação ao total de registros de foto-id utilizados, por espécie e por ciclo; e total de registros utilizados, total de registros fotoidentificados e percentagem de registros fotoidentificados ao final dos 4 anos do PMC-BS.

<b>Espécie</b>	<b>% 1º</b>	<b>% 2º</b>	<b>% 3º</b>	<b>% 4º</b>	<b>% 5º</b>	<b>% 6º</b>	<b>% 7º</b>	<b>% 8º</b>	<b>Total Reg.</b>	<b>Total Ids.</b>	<b>% Final</b>
<i>B. acutorostrata</i>	0	0	0	100	0	0	0	0	35	15	43
<i>B. bonaerensis</i>	0	0	0	53	0	0	0	0	38	19	50
<i>B. borealis</i>	0	60	0	0	0	0	43	0	539	197	37
<i>B. brydei</i>	94	67	60	52	53	0	0	85	885	504	57
<i>B. musculus</i>	0	0	0	100	0	0	0	0	83	83	100
<i>B. physalus</i>	0	51	0	59	0	0	0	0	190	95	50
<i>Delphinus</i> sp.	93	6	0	0	90	0	89	0	209	175	84
<i>F. attenuata</i>	0	0	0	67	0	0	0	99	513	507	99
<i>Globicephala</i> sp.	0	0	88	0	0	0	96	94	3.186	3.024	95
<i>G. griseus</i>	0	84	0	68	0	80	57	97	1.919	1.668	87
<i>K. sima</i>	0	0	0	0	0	0	0	100	19	19	100
<i>L. hosei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	154	133	86
<i>M. novaengliae</i>	0	54	75	94	0	0	90	0	1.349	1.209	90
<i>O. orca</i>	90	45	0	30	0	0	93	100	1.114	838	75
<i>P. electra</i>	0	0	0	0	0	74	0	87	2.061	1.596	77
<i>P. macrocephalus</i>	0	0	0	0	0	100	100	0	33	30	91
<i>P. blainvillei</i>	100	0	0	0	0	0	0	0	4	4	100
<i>P. crassidens</i>	0	0	0	84	0	0	0	95	134	125	93
<i>S. guianensis</i>	85	33	25	0	0	0	41	100	429	358	83
<i>S. attenuata</i>	57	0	0	0	0	77	31	97	168	118	70
<i>S. clymene</i>	0	0	0	46	0	69	0	92	168	108	64
<i>S. frontalis</i>	59	57	40	16	37	74	59	78	1.490	692	46
<i>S. longirostris</i>	63	19	27	0	64	75	63	100	697	472	68
<i>S. bredanensis</i>	84	0	62	51	0	98	99	97	1.340	1.170	87
<i>T. truncatus</i>	67	38	71	64	75	84	87	36	4.674	3.025	65
<i>Z. cavirostris</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	5	1	20
<b>Total</b>									<b>21.436</b>	<b>16.185</b>	<b>75</b>

No total, 75% dos registros utilizáveis foram fotoidentificados. Três espécies (*Balaenoptera acutorostrata*, *Balaenoptera musculus*, *Pontoporia blainvillei*) tiveram 100% dos seus registros identificados, porém, o número de registros utilizáveis foi

baixo. O destaque entre as espécies com maior volume de dados foi para *Tursiops truncatus*.

Nota-se muita variação por espécie na taxa de sucesso de identificação – algumas são mais reconhecíveis que outras. Por fim, nota-se que a taxa de sucesso aumentou consideravelmente neste último ciclo quando comparado ao acumulado dos ciclos anteriores. Destaque especial para *Globicephala* sp., *Grampus griseus*, *Peponocephala electra* e *Steno bredanensis* que, além de muitos registros, tiveram alta taxa de identificação.

Além do processamento total dos dados dos 7º e 8º ciclos, houve intensificação do processo de comparação de catálogos com os de outros grupos de pesquisa. Foram comparados os catálogos de: *Tursiops truncatus* (PMC e Laboratório de Mamíferos Aquáticos, UFSC); *Tursiops truncatus* (PMC e Projeto Baleias e Golfinhos do Rio de Janeiro); *Tursiops truncatus* (PMC e Projeto Botos da Lagoa dos Patos, FURG); *Tursiops truncatus* (PMC e Projeto de Monitoramento de Cetáceos do Talude; comparação em andamento); *Tursiops truncatus* (PMC e Instituto Baleia Jubarte; comparação em andamento); *Steno bredanensis* (PMC e Projeto Baleias e Golfinhos do Rio de Janeiro); *Steno bredanensis* (PMC e Instituto Baleia Jubarte; comparação em andamento); *Steno bredanensis* (PMC e Laboratório de Bioacústica e Ecologia de Cetáceos, UFRRJ); *Balaenoptera brydei* (PMC e Projeto Baleias e Golfinhos do Rio de Janeiro); *Balaenoptera brydei* (PMC e Laboratório de Bioacústica e Ecologia de Cetáceos, UFRRJ); *Megaptera novaeangliae* (PMC e Projeto Baleias e Golfinhos do Rio de Janeiro); *Megaptera novaeangliae* (PMC e Instituto Baleia Jubarte; comparação em andamento); *Orcinus orca* (PMC e Dr. Luciano Dalla Rosa, FURG); *Balaenoptera physalus* (PMC e Dr. Luciano Dalla Rosa, FURG); *Balaenoptera musculus* (PMC Dra. Paula Olson, NOAA); *Balaenoptera borealis* (PMC e Dra. Caroline Weis, Falklands Conservation).

#### IV.7 Coleta de biópsias

Durante os quatro anos de atividades do PMC-BS foram coletadas 350 amostras (338 biópsias e 12 amostras de pele solta na água) de cetáceos nas Campanhas de

Avistagem Embarcada/MAP e de Telemetria. Ao longo das 16 campanhas (oito de Avistagem Embarcada/MAP e oito de Telemetria), foram amostradas e identificadas geneticamente 19 espécies de cetáceos, entre as quais 12 eram odontocetos e sete misticetos (**Tabela IV.7-1**). *Stenella frontalis* foi a espécie com maior número de amostras (26%), seguida de *T. truncatus* (16,3%), *S. longirostris* (14%), *M. novaeangliae* (6,5%) e *B. borealis* (5,7%). As outras 14 espécies produziram menos de 5% do total de amostras coletadas em quatro anos.

As campanhas de Telemetria foram as plataformas primárias de coleta de biópsias, com um total de 262 amostras colhidas em oito campanhas, ou quase 75% do total de amostras (**Tabela IV.7-2**), e uma média de aproximadamente 32 amostras coletadas por campanha. O menor esforço e tamanho amostral já era esperado para as campanhas de Avistagem Embarcada e MAP ( $n = 88$ ). A média de 11 amostras por campanha ocorreu em função do procedimento de transecção das avistagens embarcadas. Nessas campanhas, as biópsias eram oportunísticas e o maior aproveitamento da amostragem foi para grupos de delfinídeos (Odontocetos) em comportamento de bow-riding na proa da embarcação. (**Tabela IV.7-2**).

**Tabela IV.7-1:** Número de amostras por espécie amostrada, após cada campanha do PMC na Bacia de Santos. A1 a A8 – Avistagem e MAP do 1º ao 8º ciclo; T1 a T8 – Telemetria do 1º ao 8º ciclo.

<b>Espécie</b>	<b>A1</b>	<b>T1</b>	<b>A2</b>	<b>T2</b>	<b>A3</b>	<b>T3</b>	<b>A4</b>	<b>T4</b>	<b>A5</b>	<b>T5</b>	<b>A6</b>	<b>T6</b>	<b>A7</b>	<b>T7</b>	<b>A8</b>	<b>T8</b>	<b>Total</b>
<i>Tursiops truncatus</i>	2	13	4	1	0	7	6	3	1	0	3	5	0	2	3	7	57
<i>Sotalia guianensis</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Stenella frontalis</i>	0	3	9	6	3	5	7	6	3	4	13	8	3	3	4	14	91
<i>Stenella longirostris</i>	0	5	1	2	0	11	0	0	3	7	6	11	1	0	0	2	49
<i>Stenella attenuata</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	6	0	0	1	3	16
<i>Stenella clymene</i>	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	2	1	0	2	0	10
<i>Delphinus delphis</i>	0	2	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	4	12
<i>Steno bredanensis</i>	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4	0	2	1	4	15
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	4	9
<i>Orcinus orca</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1
<i>Peponocephala electra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
<i>Physeter macrocephalus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5
<i>Balaenoptera brydei</i>	0	2	0	2	0	6	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	13
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Balaenoptera borealis</i>	0	0	0	10	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	7	0	0
<i>Balaenoptera physalus</i>	0	0	1	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Balaenoptera musculus</i>	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Megaptera novaeangliae</i>	0	0	0	4	0	0	0	10	0	4	0	0	0	5	0	0	23
<i>Eubalaena australis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>31</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>42</b>	<b>7</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>41</b>	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>39</b>	<b>350</b>

**Tabela IV.7-2:** Número de amostras de Odontocetos e Mysticetos coletadas durante as campanhas de Avistagem/MAP e de Telemetria do 1º ao 8º ciclo do PMC-BS.

Ciclo	Avistagem/MAP			Telemetria			Total Biópsias
	Odontoceto	Misticeto	Total	Odontoceto	Misticeto	Total	
1º	2	0	2	29	2	31	33
2º	15	2	17	11	17	28	45
3º	5	0	5	24	6	30	35
4º	14	0	14	14	28	42	56
5º	7	0	7	22	6	28	35
6º	23	0	23	41	0	41	64
7º	8	0	8	9	14	23	31
8º	12	0	12	39	0	39	51
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>2</b>	<b>88</b>	<b>189</b>	<b>73</b>	<b>262</b>	<b>350</b>

## V. RESULTADOS E DISCUSSÃO ORIENTADA PARA OS OBJETIVOS

### V.1 Comunidade de cetáceos

#### V.1.1 Composição e estrutura da comunidade de cetáceos

Em quatro anos de PMC-BS, diferentes plataformas de pesquisa confirmaram 27 espécies de cetáceos distribuídas em sete famílias (**Tabela V.1-1**). A descrição detalhada de cada espécie observada durante o projeto, incluindo mapas de distribuição, resumo das características biológicas, registros fotográficos e uma síntese sobre a ocorrência no Brasil, estão apresentados no **Volume II: Guia de Espécies**.

O esforço amostral do último ano (Ciclos 7 e 8) possibilitou registrar duas novas espécies no PMC-BS, a baleia-bicuda-de-Cuvier (*Ziphius cavirostris*) (**Figura V.1-1**) e o cachalote-anão (*Kogia sima*) (**Figura V.1-2**), das Famílias Ziiphidae e Kogiidae, respectivamente. Estas espécies são mergulhadoras de grandes profundidades e de difícil detecção visual em campo. O Monitoramento Acústico Passivo (MAP) já havia detectado baleias-bicudas e indivíduos do gênero *Kogia*, sem, contudo, chegar até a identificação da espécie. Em outra oportunidade, foi possível detectar visualmente um indivíduo do gênero *Kogia* na campanha de telemetria, mas sem identificação da espécie. Os dados do PMC-BS sugerem que as espécies ocorrem regularmente na Bacia de Santos, mas os métodos visuais falham na detecção. O tempo elevado de mergulho e o próprio comportamento elusivo destas espécies são as prováveis causas da baixa detecção visual e reforçam a complementariedade de métodos visuais e acústicos em monitoramentos de cetáceos. Os registros das duas espécies no Brasil estão restritos a encalhes na costa ou em ilhas oceânicas como Trindade, no caso de *Ziphius cavirostris* (PINEDO et al., 2001; MAYORGA et al., 2010;

MOURA et al., 2016). Portanto, tais registros de avistagens de animais vivos consistem em raras identificações para o Brasil.

As análises subsequentes sobre a riqueza e estrutura da comunidade de cetáceos da Bacia de Santos levaram em consideração somente as amostragens visuais embarcadas (Campanhas de Avistagem Embarcada e Campanhas de Telemetria). O índice de sucesso desses dois tipos de amostragem foram os mais efetivos na identificação taxonômica (ver PETROBRAS, 2017b), com 56% das detecções detectadas em nível de espécie para Avistagem Embarcada e 86% para a Telemetria. A malha amostral utilizada entre essas campanhas fez a diferença. Isto porque ela foi sistemática e cobriu a área homogeneamente nas Campanhas de Avistagem Embarcada, enquanto na Campanhas de Telemetria ficou concentrada em regiões costeiras e no talude continental, não seguindo rotas definidas.

A produção de uma curva cumulativa do número de espécies de cetáceos baseou-se no esforço amostral descrito por dia de esforço nas campanhas embarcadas. Para gerar a curva cumulativa, usaram dados de uma matriz de espécie (colunas) por dia de amostragem (linhas). Os dados foram aleatorizados (1.000 permutações) e intervalos de confiança foram estimados. A curva tendeu a estabilizar após 100 dias de amostragem (Figura V.1-3), com identificação de 20 espécies. Após esse período inicial, nos próximos 400 dias de esforço visual embarcado na Bacia de Santos, a taxa de descoberta de novas espécies manteve-se estável e mais baixa. O segundo ano produziu o registro de três espécies adicionais e, no terceiro e quarto ano, foram identificadas duas espécies adicionais em cada ano. Espera-se que a descoberta de novas espécies no projeto reduza mais e provavelmente cesse nos próximos anos, quando todas as espécies que ocorrem na Bacia de Santos terão sido amostradas. Entretanto, é impossível prever em quanto tempo toda a comunidade de cetáceos será conhecida, pois encontros com espécies raras são eventos fortuitos e imprevisíveis, especialmente para as espécies com hábitos oceânicos com potencial ocorrência na Bacia de Santos e que ainda não foram observadas.

A verificação da riqueza de espécies na Bacia de Santos nos primeiros quatro anos do PMC correspondeu a 58,7% da riqueza de cetáceos registrados na costa brasileira e 71% da riqueza esperada para a Bacia de Santos, de um total de 38 espécies (PETROBRAS, 2015). A parcela de espécies detectadas na Bacia de Santos exclusivamente por encalhes, e não observadas durante a amostragem do PMC-BS até o momento, consiste de animais mais raros ou de difícil visualização/identificação, como o cachalote-pigmeu (*Kogia breviceps*) e o golfinho-listrado (*Stenella coeruleoalba*). Parte destas espécies não registradas no PMC-BS ainda é de animais vagantes esporádicos provenientes de águas mais frias, como o boto-de-óculos (*Phocoena dioptrica*), boto-de-Burmeister (*Phocoena spinipinnis*) e o golfinho-liso-do-sul (*Lissodelphis peronii*), cuja ocorrência na Bacia de Santos é rara e ocasional. A fauna de cetáceos da Bacia de Santos tem mais afinidade com águas quentes (tropicais e subtropicais), especialmente os odontocetos. Diversas espécies de difícil detecção e identificação da Família Ziphiidae também não foram detectadas, como as baleias-bicudas dos gêneros *Mesoplodon*, *Hyperoodon* e *Berardius*.

Com relação ao status de conservação, a maior parte das espécies registradas na Bacia de Santos é classificada como “Deficiente em Dados” (n = 10; 37%) (**Figura V.1-3**). Tal fato indica que a espécie sofre ameaças antropogênicas, mas não existem informações básicas para classificá-la em algum status. Cerca de 30% das espécies estão classificadas com algum grau de ameaça de extinção, incluindo duas espécies “Criticamente ameaçadas” (toninha, *Pontoporia blainvilliei*, e a baleia-azul, *Balaenoptera musculus*) e duas espécies “Ameaçadas de extinção” (baleia-fin, *B. physalus*, e baleia-sei, *B. borealis*).

**Tabela V.1-1:** Lista de espécies de cetáceos identificadas em quatro anos de atividade do PMC-BS em cada tipo de campanha. Status de conservação conforme a Portaria do MMA nº 444/2014 e, quando não consta na lista nacional, conforme IUCN (2018). Tipo de campanha: E = Avistagem Embarcada; A = Avistagem Aérea; T = Telemetria; M = Monitoramento Acústico Passivo. Status de Conservação: CR = Criticamente em Perigo; EM = Em Perigo; VU = Vulnerável; QA = Quase Ameaçada; BR = Baixo Risco; DD = Deficiente em Dados.

Subordem	Família	Espécie	Nome popular	Tipo de campanha			Status
				E	A	T	
Mysticeti	Balaenidae	<i>Eubalaena australis</i>	Baleia-franca-austral			X	EM
	Balaenopteridae	<i>Balaenoptera musculus</i>	Baleia-azul			X	CR
		<i>Balaenoptera physalus</i>	Baleia-fin	X		X	EM
		<i>Balaenoptera borealis</i>	Baleia-sei	X	X	X	EM
		<i>Balaenoptera brydei</i>	Baleia-de-Bryde	X		X	DD
		<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	Baleia-minke-Antártica	X	X	X	QA
		<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Baleia-minke-anã	X	X		BR
		<i>Megaptera novaeangliae</i>	Baleia-jubarte	X	X	X	BR
Odontoceti	Physeteridae	<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalote	X		X	VU
	Kogiidae	<i>Kogia sima</i>	Cachalote-anão	X			DD
	Ziphiidae	<i>Ziphius cavirostris</i>	Baleia-bicuda-de-Cuvier	X			BR
	Delphinidae	<i>Orcinus orca</i>	Orca	X	X	X	DD
		<i>Pseudorca crassidens</i>	Falsa-orca	X	X	X	DD
		<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Baleia-piloto-de-peitorais-curtas	X		X	DD
		<i>Feresa attenuata</i>	Orca-pigméia	X		X	DD
		<i>Peponocephala electra</i>	Golfinho-cabeça-de-melão	X		X	BR
		<i>Grampus griseus</i>	Golfinho-de-Risso	X	X	X	DD

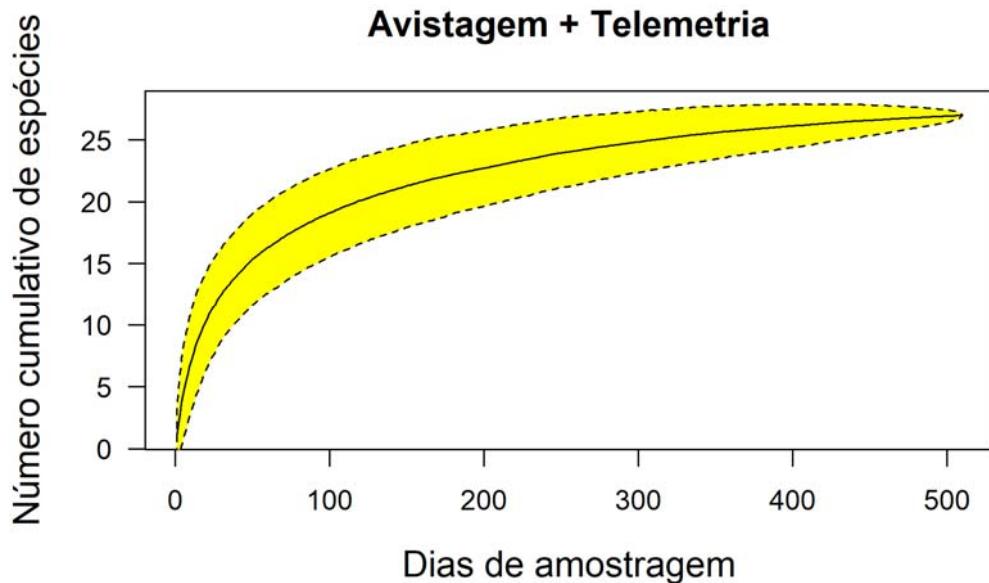
Subordem	Família	Espécie	Nome popular	Tipo de campanha			Status
				E	A	T	
		<i>Sotalia guianensis</i>	Boto-cinza	X	X	X	VU
		<i>Steno bredanensis</i>	Golfinho-de-dentes-rugosos	X		X	BR
		<i>Tursiops truncatus</i>	Golfinho-nariz-de-garrafa	X	X	X	BR
		<i>Stenella attenuata</i>	Golfinho-pintado-neotropical	X	X	X	BR
		<i>Stenella frontalis</i>	Golfinho-pintado-do-Atlântico	X	X	X	DD
		<i>Stenella longirostris</i>	Golfinho-rotador	X	X	X	DD
		<i>Stenella clymene</i>	Golfinho-de-Clymene	X		X	DD
		<i>Delphinus delphis</i>	Golfinho-comum	X		X	BR
		<i>Lagenodelphis hosei</i>	Golfinho-de-Fraser	X			BR
	<i>Pontoporiidae</i>	<i>Pontoporia blainvilleyi</i>	Toninha	X	X	X	CR



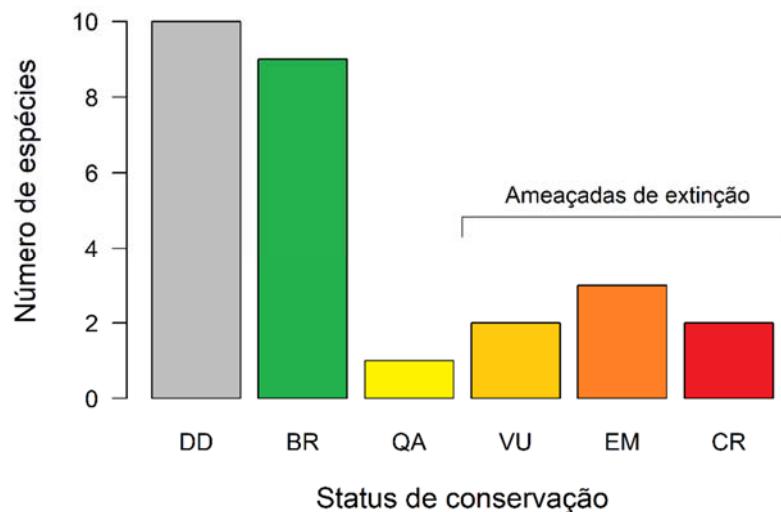
**Figura V.1-1:** Baleia-bicuda-de-Cuvier (*Ziphius cavirostris*) observada em 11/04/2019 durante o PMC-BS (24,978°S; 43,654°W).



**Figura V.1-2:** Cachalote-anão (*Kogia sima*) observado em 31/03/2019 durante o PMC-BS (23,953°S; 41,423°W).



**Figura V.1-3:** Curva cumulativa de espécies em função dos dias amostrados nas Campanhas de Avistagem Embarcada e Campanhas de Telemetria do PMC-BS.



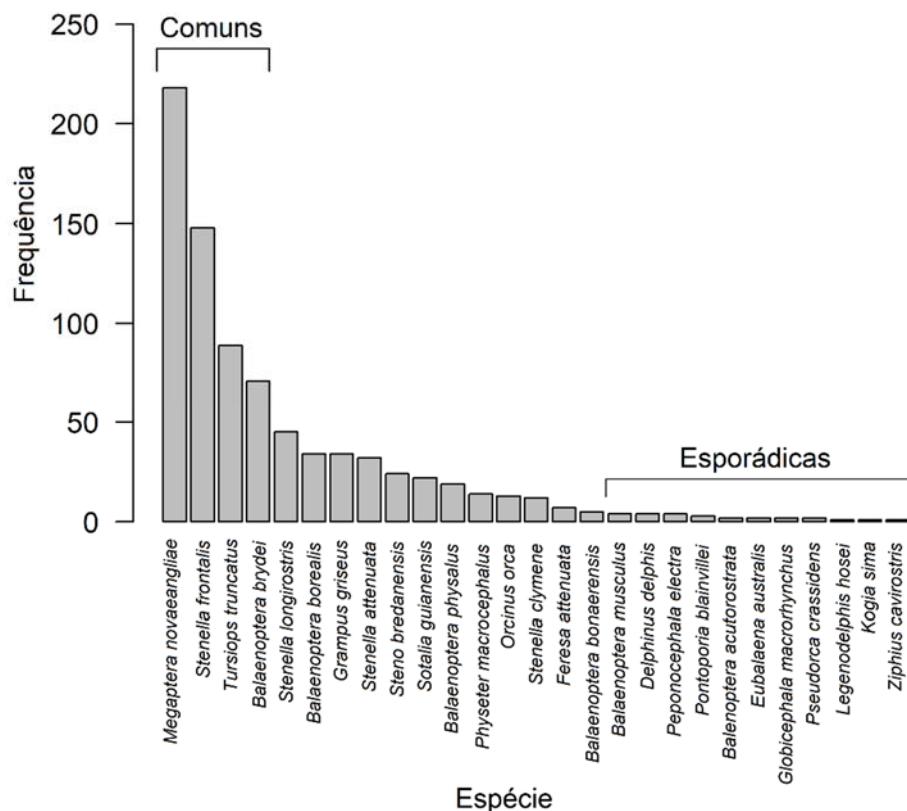
**Figura V.1-4:** Frequência das espécies de cetáceos registradas durante o PMC na Bacia de Santos por status de conservação. Categorias de status: DD = Deficiente em Dados; BR = Baixo risco; QA = Quase ameaçada; VU = Vulnerável; EM = Ameaçada de extinção; CR = Criticamente ameaçada.

Quatro espécies foram consideradas comuns na Bacia de Santos, cujos registros somados perfazem 63,6% das detecções visuais realizadas em campanhas embarcadas e foram observadas em todos os anos do PMC-BS (**Figura V.1-4; Tabela V.1-2**). Apesar de ela ser migratória e sazonal, a espécie mais comum foi a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), com quase 27% do total de detecções. A segunda espécie mais comum foi o golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*), seguida do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) e da baleia-de-Bryde (*Balaenoptera brydei*).

Outras 12 espécies foram regulares, sendo avistadas em três anos ou mais anos do PMC-BS. As 11 espécies restantes foram esporádicas, ocorrendo em poucas campanhas e com menos de cinco detecções cada ao longo dos quatro anos do PMC-BS. A frequência de algumas destas espécies esporádicas certamente está subestimada, pois são de difícil identificação e só puderam ser confirmadas com análises genéticas (ver item **V.1.2. Identificação Molecular das Espécies**), como a baleia-piloto-de-peitorais-curtas (*Globicephala macrorhynchus*) e o golfinho-comum-de-bico-curto (*Delphinus delphis*). Se as detecções visuais identificadas em nível de gênero para *Delphinus* ( $n = 4$ ) e para o gênero *Globicephala* ( $n = 11$ ) fossem confirmadas conforme as espécies do gênero identificadas geneticamente, não seriam consideradas esporádicas. Outras espécies consideradas esporádicas são de difícil detecção visual, como a baleia-bicuda-de-Cuvier (*Ziphius cavirostris*) e o cachalote-anão (*Kogia sima*). As detecções acústicas destas espécies sugerem que sua frequência é consideravelmente maior que as verificadas por métodos visuais.

Considerando a frequência de indivíduos, destacam-se as quatro espécies do gênero *Stenella*, perfazendo 66,2% dos indivíduos detectados. Somente o golfinho-pintado-do-Atlântico (*S. frontalis*) e o golfinho-rotador (*S. longirostris*) somam mais de 50% dos indivíduos detectados. Considerando-se também os indivíduos do golfinho-nariz-de-garrafa, as cinco espécies de delfinídeos totalizam quase 77% dos animais observados. A observação de todas as espécies mencionadas inclui grupos de centenas de indivíduos, com alguns deles chegando a formar grupos de até 700 golfinhos.

Observou-se que a Bacia de Santos foi usada como área de cuidado e cria de filhotes por 22 espécies (81,5%). Todas as espécies comuns e regulares já foram avistadas em grupos contendo pelo menos um filhote durante o PMC-BS.



**Figura V.1-5:** Frequência de registros por espécies de cetáceos na Bacia de Santos durante as Campanhas de Avistagem Embarcada e de Telemetria do PMC entre 2015 e 2019.

**Tabela V.1-2:** Espécies identificadas em quatro anos de atividade do PMC-BS nas Campanhas de Avistagem Embarcada e Campanhas de Telemetria, frequência de avistagem, número de indivíduos, tamanho de grupo e taxa de encontro (número de avistagens por 100 milhas náuticas percorridas).

Espécie	Avistagens		Indivíduos		Tamanho de grupo		Filhotes	Taxa de encontro
	N	%	N	%	Média ± DP	Min-Max		
<b>Subordem Mysticeti</b>								
<i>Eubalaena australis</i>	2	0,24	5	0,03	$2,5 \pm 0,7$	2 – 3	Não	0,005
<i>Balaenoptera musculus</i>	4	0,49	4	0,02	1	1	Não	0,011
<i>Balaenoptera physalus</i>	19	2,31	41	0,22	$2,2 \pm 1,3$	1 – 6	Sim	0,052
<i>Balaenoptera borealis</i>	38	4,62	171	0,90	$4,5 \pm 6,3$	1 – 32	Sim	0,103
<i>Balaenoptera brydei</i>	78	9,48	122	0,64	$1,6 \pm 1,2$	1 – 10	Sim	0,212
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	5	0,61	12	0,06	$2,4 \pm 1,1$	1 – 4	Sim	0,013
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	2	0,24	2	0,01	1	1	Não	0,005
<i>Megaptera novaeangliae</i>	220	26,73	529	2,78	$2,4 \pm 3,6$	1 – 50	Sim	0,598
<b>Subordem Odontoceti</b>								
<i>Physeter macrocephalus</i>	16	1,94	82	0,43	$5,1 \pm 12,0$	1 – 50	Sim	0,043
<i>Kogia sima</i>	1	0,12	2	0,01	2	2	Sim	0,003
<i>Ziphius cavirostris</i>	1	0,12	4	0,02	4	4	Não	0,003
<i>Orcinus orca</i>	17	2,07	62	0,33	$3,6 \pm 2,6$	1 – 9	Sim	0,046
<i>Pseudorca crassidens</i>	2	0,24	35	0,17	$57,5 \pm 60,1$	15 – 100	Sim	0,005
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	4	0,49	155	0,82	$38,8 \pm 42,1$	5 – 100	Sim	0,011
<i>Feresa attenuata</i>	7	0,85	110	0,58	$15,7 \pm 13,6$	5 – 40	Sim	0,019
<i>Peponocephala electra</i>	4	0,49	920	4,84	$230 \pm 87,2$	120 – 300	Sim	0,011
<i>Grampus griseus</i>	33	4,01	562	2,96	$17,0 \pm 22,3$	1 – 100	Sim	0,090

Espécie	Avistagens		Indivíduos		Tamanho de grupo		Filhotes	Taxa de encontro
	N	%	N	%	Média ± DP	Min-Max		
<i>Sotalia guianensis</i>	24	2,92	1.067	5,61	44,5 ± 72,7	2 – 300	Sim	0,065
<i>Steno bredanensis</i>	26	3,16	264	1,39	10,2 ± 8,1	2 – 30	Sim	0,071
<i>Tursiops truncatus</i>	85	10,33	2.111	11,09	23,9 ± 26,9	1 – 200	Sim	0,231
<i>Stenella attenuata</i>	31	3,77	1.495	7,86	48,2 ± 60,5	3 – 300	Sim	0,084
<i>Stenella frontalis</i>	140	17,01	4.927	25,91	35,2 ± 46,7	1 – 300	Sim	0,381
<i>Stenella longirostris</i>	42	5,10	4.757	25,01	113,3 ± 143,9	5 – 700	Sim	0,114
<i>Stenella clymene</i>	12	1,46	1.410	7,41	117,5 ± 214,7	5 – 700	Sim	0,033
<i>Delphinus delphis</i>	5	0,61	125	0,66	25,0 ± 13,2	10 – 45	Sim	0,014
<i>Lagenodelphis hosei</i>	1	0,12	30	0,16	30	30	Sim	0,003
<i>Pontoporia blainvilie</i>	4	0,49	14	0,07	3,5 ± 0,6	3 – 4	Não	0,011

### V.1.2 Identificação Molecular das Espécies

Algumas espécies de cetáceos apresentam diferenças morfológicas sutis e são difíceis de identificar em campo. A genética molecular tem sido uma ferramenta importante para auxiliar na identificação das espécies de cetáceos de difícil identificação visual, bem como para resolver as incertezas taxonômicas de algumas espécies e/ou subespécies.

A região controle do DNA mitocondrial (DNAmnt) é um marcador molecular amplamente utilizado, que tem demonstrado ser eficaz para a identificação das espécies de cetáceos. O reconhecimento é baseado tanto na pesquisa de similaridade da sequência teste com um banco de dados de sequências de referência de espécimes que abrangem o táxon de interesse, quanto na comparação das sequências por análise filogenética (DIZON et al., 2000).

Todas as amostras coletadas durante os quatro anos do PMC-BS foram identificadas molecularmente segundo o sequenciamento e as análises da região controle do DNAmnt.

#### Análise dos dados

As sequências (*forward* e *reverse*) da região controle do DNAmnt, geradas para cada uma das amostras, foram alinhadas, ajustadas manualmente, e as posições variáveis confirmadas visualmente por meio dos cromatogramas usando o programa SEQUENCHER 5.4.6 (Gene Codes Corporation). Após a geração da sequência consenso das leituras *forward* e *reverse* obtidas para cada amostra, as espécies foram identificadas. Para essa finalidade, cada sequência da região controle do DNAmnt de cada amostra foi comparada, utilizando o programa *DNA Surveillance* (ROSS et al., 2003), com as sequências do banco de dados de referência, versão 4.3, "Witness for the Whale" e *Mysticetes* para baleias, *Delphinidae* + *Stenoninae* para delfinídeos e *Globicephalinae* + *Orcininae* para as espécies *Globicephala* sp., *Orcinus orca* e *Peponocephala electra*. O programa constrói uma árvore filogenética de *neighbor-joining* usando o modelo de evolução F84 com uma taxa de transição/transversão de 2. Os valores de *bootstrap* foram baseados em 1.000 réplicas. Este é o sistema mais

usado internacionalmente para identificação molecular com dados de DNAmt por ser um sistema com curadoria especializada.

Adicionalmente, as sequências também foram comparadas com o banco de sequências de DNA do GenBank, por pesquisas de similaridade usando a ferramenta BLAST deste banco, em que se verifica a espécie com maior similaridade. Porém, nem todas as espécies possuem sequências de referência no GenBank. Assim, nos casos de discrepância na identificação entre os resultados do *DNA Surveillance* e a espécie mais próxima no GenBank, a opção foi pela identificação oriunda do primeiro.

#### *Identificação genética das espécies de cetáceos da Bacia de Santos*

Das 350 amostras coletadas nas campanhas de Telemetria e de Avistagem Embarcada e MAP durante os quatro anos do PMC-BS, 348 (99,4%) apresentaram sequências de boa qualidade e foram identificadas molecularmente como pertencentes a 19 espécies (7 misticetos e 12 odontocetos) de cetáceos. Adicionalmente, as três amostras (GM1 a GM3) que foram coletadas durante o monitoramento oportunístico de uma baleia-jubarte, marcada com transmissor satelital na costa norte de Santa Catarina, apresentaram sequências de boa qualidade e tiveram a identificação da espécie (*Megaptera novaeangliae*) confirmada.

O **Anexo V.1.2-1** apresenta a identificação e o sexo de todas as 351 amostras analisadas (n = 348 biópsias coletadas em campanha + três amostras de baleia-jubarte coletadas oportunisticamente na costa norte de Santa Catarina).

Nos quatro anos do PMC-BS, a maioria (98,2%) das sequências obtidas das amostras identificadas em campo agrupou com alto suporte (acima de 85%) com as sequências de referência para cada espécie no *DNA Surveillance*, e a maioria (69%) também apresentou maior similaridade com as sequências das respectivas espécies no GenBank. No entanto, houve seis casos de erro de identificação em campo. O primeiro foi um indivíduo (amostra G21), identificado como golfinho-rotador (*S. longirostris*) em campo, que foi classificado

geneticamente como golfinho-pintado-pantropical (*S. attenuata*) (**Figura IV.5-1a**).

O outro caso foi um indivíduo (amostra G35) identificado como golfinho-pintado-pantropical (*S. attenuata*) em campo, que foi classificado geneticamente como golfinho-pintado-do-Atlântico (*S. frontalis*) (**Figura IV.5-1b**). Essas identificações errôneas das espécies do gênero *Stenella* podem ser explicadas pela presença dessas espécies em grupos mistos formados por centenas de indivíduos (alguns imaturos), eventualmente dificultando a identificação do animal cuja biópsia foi coletada.

O terceiro e quarto casos de erro de identificação foram com dois indivíduos (amostras G67 e G68) reconhecidos em campo como baleia-sei (*B. borealis*), que foram classificados geneticamente como baleia-de-Bryde (*B. brydei*) (**Figura V.1-7**) tanto pelo *DNA Surveillance* quanto pelo GenBank. Essa identificação errônea pode ser explicada pela similaridade entre as duas espécies e também pela ocorrência delas em um grupo misto com 11 baleias.

Por último, houve um erro de identificação de um grupo formado por uma fêmea com filhote e um adulto, que foi identificado em campo como baleia-de-Bryde (amostras G137 e G138), mas os animais foram identificados molecularmente como baleia-minke-antártica (*B. bonaerensis*) tanto pelo *DNA Surveillance* (**Figura V.1-8**) quanto pelo BLAST no GenBank. Ademais, um desses animais (G137) apresentou um haplótipo com 5 sítios únicos, diferenciando-o daqueles encontrados nos outros 4 indivíduos de baleia-minke-antártica amostrados até o momento. Além disso, o indivíduo da amostra G138, que foi tagueado com LIMPET (ver item **V.2.2. Movimentos**), deslocou-se em linha reta para as regiões oceânicas do Nordeste, área de reprodução conhecida para as minkes-antárticas no Brasil, corroborando com a identificação genética. Este erro de identificação ocorreu em função da avistagem de uma baleia-de-Bryde alguns minutos antes e pela presença de diversos grupos de balaenopterídeos na região. Os grupos se misturaram durante a descida dos botes, causando a confusão dos observadores. Tal fato foi posteriormente resolvido com a identificação genética.

Com relação às sequências obtidas para as amostras identificadas em campo como golfinho-pintado-do-Atlântico (*S. frontalis*) e golfinho-de-Clymene (*S. clymene*), embora as sequências apresentassem maior similaridade com sequências de *Delphinus capensis*, *D. delphis* ou *S. coeruleoalba* no GenBank (**Anexo IV.1.2-1**), a identificação dessas espécies foi confirmada pelo *DNA Surveillance* que agrupou com alto suporte (acima de 70%) cada sequência às sequências de referência (p.ex., **Figura V.1-9**) de *S. frontalis* (*Atlantic spotted*) e de *S. clymene* (*Clymene*).

As duas espécies de golfinho-comum (*Delphinus* sp.) e as duas de baleia-piloto (*Globicephala* sp.) são difíceis de distinguir em campo por apresentarem diferenças morfológicas sutis entre as espécies do mesmo gênero. O golfinho-comum-de-bico-curto (*D. delphis*) e o golfinho-comum-de-bico-longo (*D. capensis*) são diferenciados principalmente pelo comprimento do corpo, pelo comprimento do rostro e número de dentes (JEFFERSON et al., 2015). Já as diferenças morfológicas entre a baleia-piloto-de-peitoral-curta (*G. macrorhynchus*) e a baleia-piloto-de-peitoral-longa (*G. melas*) são o comprimento das nadadeiras peitorais, diferenças na forma do crânio e número de dentes (JEFFERSON et al., 2015). No entanto, a sobreposição dessas características morfológicas sutis dificulta a identificação das espécies e, portanto, a análise genética é uma ferramenta complementar na identificação acurada dessas espécies.

As sequências obtidas das 12 amostras identificadas em campo como golfinho-comum (*Delphinus* sp.) foram agrupadas com alto suporte (acima de 70%) às de referência do golfinho-comum-de-bico-curto (*short-beaked*), e também apresentaram maior similaridade com as sequências de *D. delphis* no GenBank, confirmando a identidade dessa espécie de difícil identificação visual.

Já as sequências obtidas das nove amostras de baleia-piloto (*Globicephala* sp.) coletadas em campo foram agrupadas com alto suporte (acima de 80%) às sequências de referência da baleia-piloto-de-peitoral-curta (*short-finned pilot whale*) no *DNA Surveillance* e apresentaram maior similaridade com as sequências de *G. macrorhynchus* no GenBank. Esse resultado corrobora com a distribuição da espécie já que a baleia-piloto-de-peitoral-curta tem uma

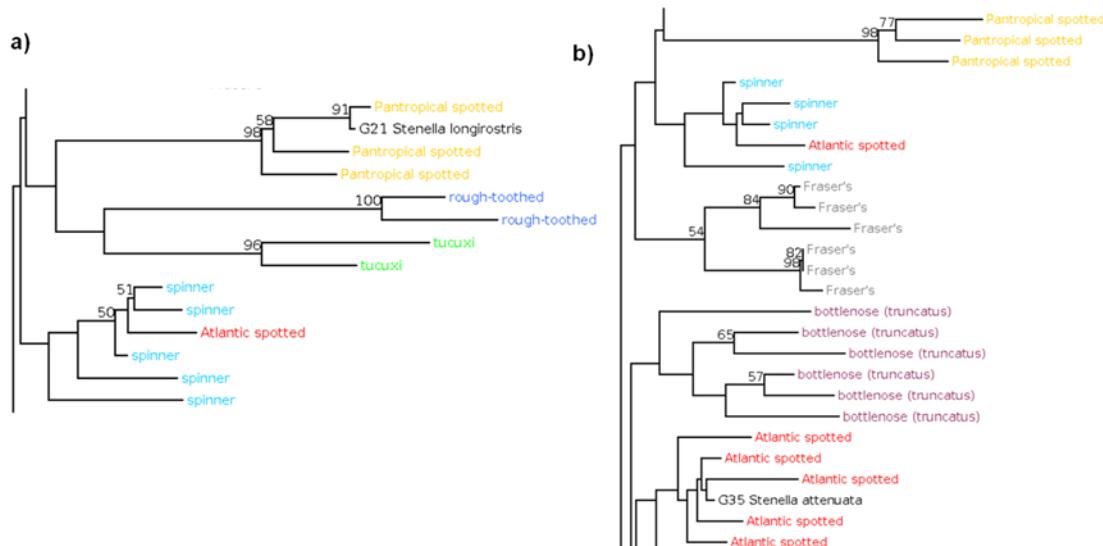
distribuição circumglobal, sendo encontrada em águas tropicais e subtropicais, enquanto a baleia-piloto-de-peitoral-lunga (*G. melas*) tem uma distribuição antitropical, sendo encontrada em águas temperadas frias do Oceano Atlântico Norte e Hemisfério Sul (OREMUS et al., 2009).

A identificação genética também tem elucidado as incertezas taxonômicas de algumas espécies e/ou subespécies, como é o caso do complexo das baleias-de-Bryde (*B. edeni* e *B. brydei*), sobre o qual o assunto da identidade e do número de espécies ainda não foi resolvido. Embora o Comitê de Taxonomia da Sociedade de Mamíferos Marinhos reconhece somente uma espécie (*B. edeni edeni* e *B. edeni brydei*), dados genéticos têm identificado e reconhecido duas espécies diferentes (SASAKI et al., 2006; LUKSENBURG et al., 2015).

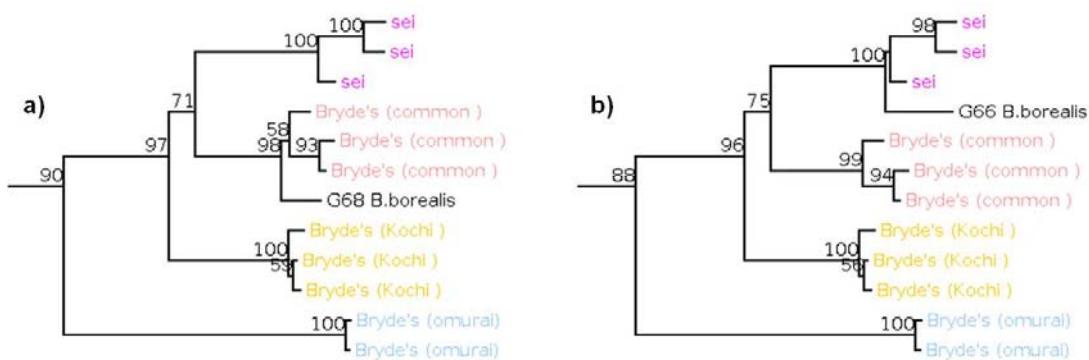
As sequências obtidas das 13 amostras identificadas em campo como baleia-de-Bryde (*B. edeni*) foram agrupadas com alto suporte (98%) com as de referência de *B. brydei* (*Bryde's common*) e apresentaram maior similaridade com as sequências de *B. brydei* no GenBank. Tal fato reforça a ocorrência dessa espécie no Brasil, como já apresentado em um estudo genético que identificou oito amostras de baleia-de-Bryde como *B. brydei* (PASTENE et al., 2015).

Merece destaque especial as duas amostras coletadas dos indivíduos identificados em campo como baleia-azul (*B. musculus*). Duas diferentes subespécies são reconhecidas no Hemisfério Sul, a baleia-azul-pigméia (*B. musculus brevicauda*) e a baleia-azul-verdadeira ou Antártica (*B. musculus intermedia*) (LEDUC et al., 2007). As sequências dessas baleias amostradas na Bacia de Santos foram agrupadas com alto suporte (acima de 97%) com as de referência de *B. musculus* (*blue whale*) e apresentaram maior similaridade com as sequências de *B. musculus* no GenBank. Porém, ambos os sistemas de identificação molecular não foram capazes de reconhecer a subespécie. Assim, para comparar com as sequências de referência publicadas sobre essas subespécies (LEDUC et al., 2007; SREMBA et al., 2012; TORRES-FLOREZ et al., 2014), o alinhamento foi encurtado para 410 pares de bases. Posteriormente, as sequências das amostras G139 e G160 colapsaram em haplótipos (EU093939 e JN801066) encontrados nas baleias-azuis que ocorrem na

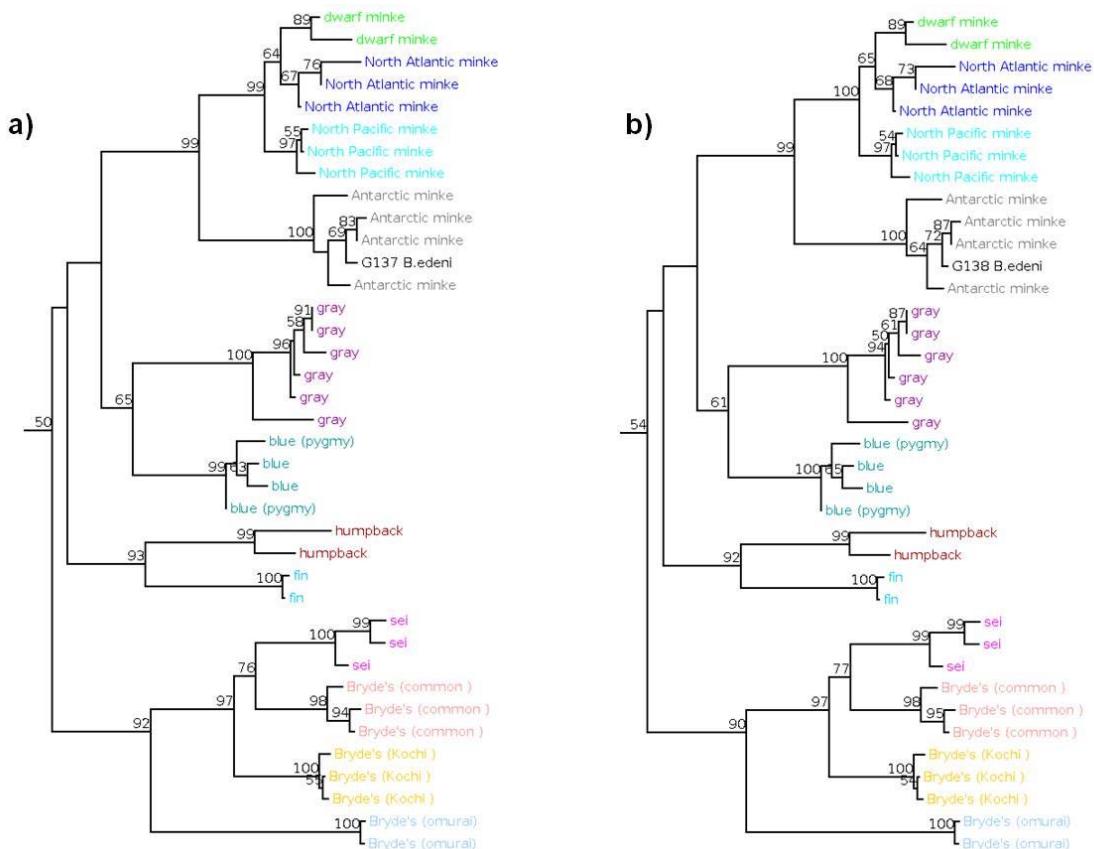
Antártica (LEDUC et al., 2007; SREMBA et al., 2012) sugerindo que esses animais são da subespécie *B. musculus intermedia*.



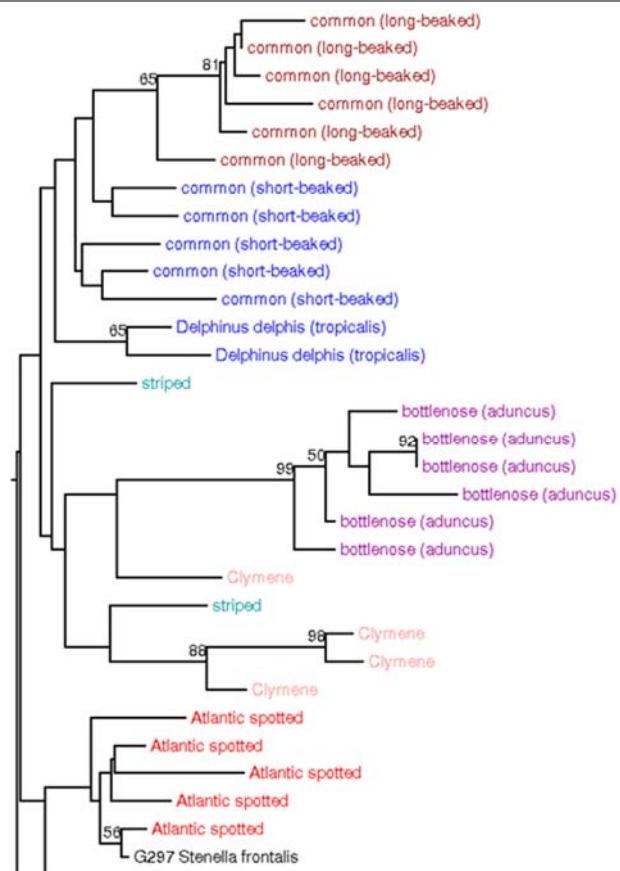
**Figura V.1-6:** Árvores filogenéticas geradas no DNA Surveillance, baseadas nas sequências das amostras G21 (a) e G35 (b) (identificadas respectivamente como G21 *Stenella longirostris* e G35 *Stenella attenuata*) e nas sequências de referência da região controle do DNAmt de todos os delfinídeos (a figura não apresenta todas as espécies).



**Figura V.1-7:** Árvores filogenéticas geradas no DNA Surveillance, baseadas nas sequências das amostras G68 (a) e G66 (b) (identificadas respectivamente como G68 e G66 *B. borealis*) e nas sequências de referência da região controle do DNAmt de todos os misticetos (a figura não apresenta todas as espécies).



**Figura V.1-8:** Árvores filogenéticas geradas no DNA Surveillance, baseadas nas sequências das amostras G137 (a) e G138 (b) (identificadas respectivamente como G137 e G138 *B. edeni*) e nas sequências de referência da região controle do DNAm de todos os misticetos (a figura não apresenta todas as espécies).



**Figura V.1-9:** Árvore filogenética gerada no DNA Surveillance, baseada na sequência da amostra G297 (identificada como G297 *Stenella frontalis*) e nas sequências de referência da região controle do DNAmt de todos os delfinídeos (a figura não apresenta todas as espécies).

## V.2 Distribuição, Uso de Habitat e Movimentos

### V.2.1 Distribuição e uso de habitat considerando interferências antrópicas

A distribuição dos cetáceos e suas presas pode responder a variáveis estáticas (e.g., batimetria) e/ou dinâmicas que oscilam em diferentes escalas temporais e espaciais (e.g., temperatura, clorofila). Para entender os fatores que governam a distribuição dos cetáceos na Bacia de Santos e se ela é afetada por atividades humanas, este item procurou descrever a distribuição dos cetáceos e modelar a variação espacial no número de detecções de misticetos e odontocetos na Bacia de Santos em função de diversas variáveis.

#### *Distribuição de cetáceos*

A distribuição refere-se à ocorrência e arranjo espacial de uma população em uma área definida e em um determinado período. A distribuição foi investigada por meio da densidade de Kernel (WORTON, 1989), que é um método não paramétrico em que se ajusta a distribuição de pontos e considera a vizinhança entre eles, evidenciando regiões de alta concentração (alta densidade de registros).

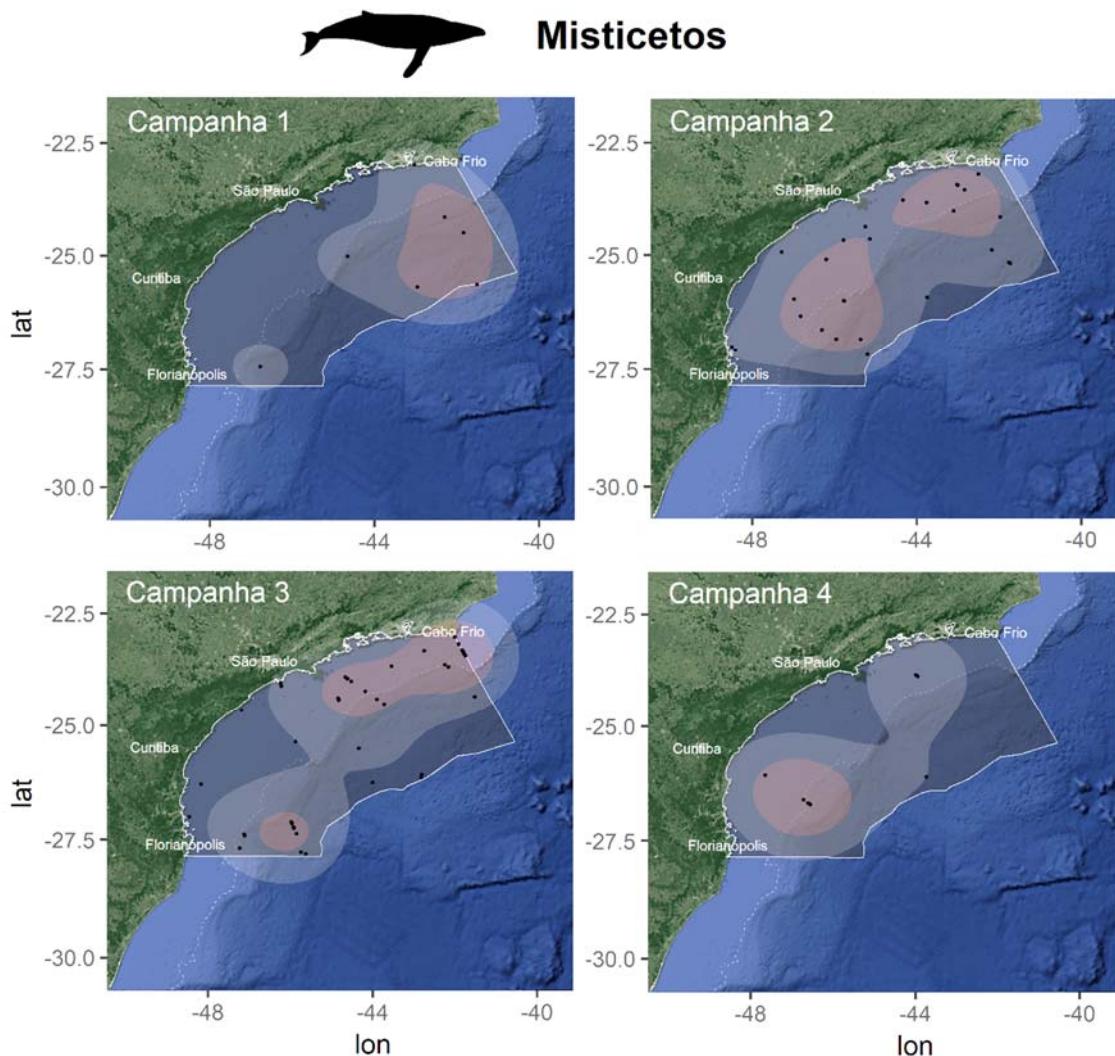
Conforme demonstrado nos relatórios anteriores, os padrões de distribuição variaram entre as campanhas aéreas e embarcadas, que foram as que tiveram uma malha amostral sistemática que cobriu toda a Bacia de Santos (PETROBRAS, 2018b). Esta variação deve-se principalmente às escalas de tempo diferentes de amostragem, pois as Campanhas de Avistagem Aérea fornecem um retrato momentâneo da distribuição dos cetáceos (cerca de 10 dias de esforço em cada campanha), enquanto as Campanhas de Avistagem Embarcada abrangem um horizonte temporal maior, de cerca de 45 dias. No presente relatório, usou-se somente os dados das Campanhas de Avistagem Embarcada para descrever e modelar a distribuição de misticetos e odontocetos. Considera-se que esta plataforma baseada na procura visual de cetáceos é a mais precisa para coletar este tipo de dados, pois as detecções acústicas nem

sempre podem ser localizadas, o ruído do motor causa vieses de detecção de alguns grupos de cetáceos em detrimento de outros e nem sempre as detecções podem ser identificadas.

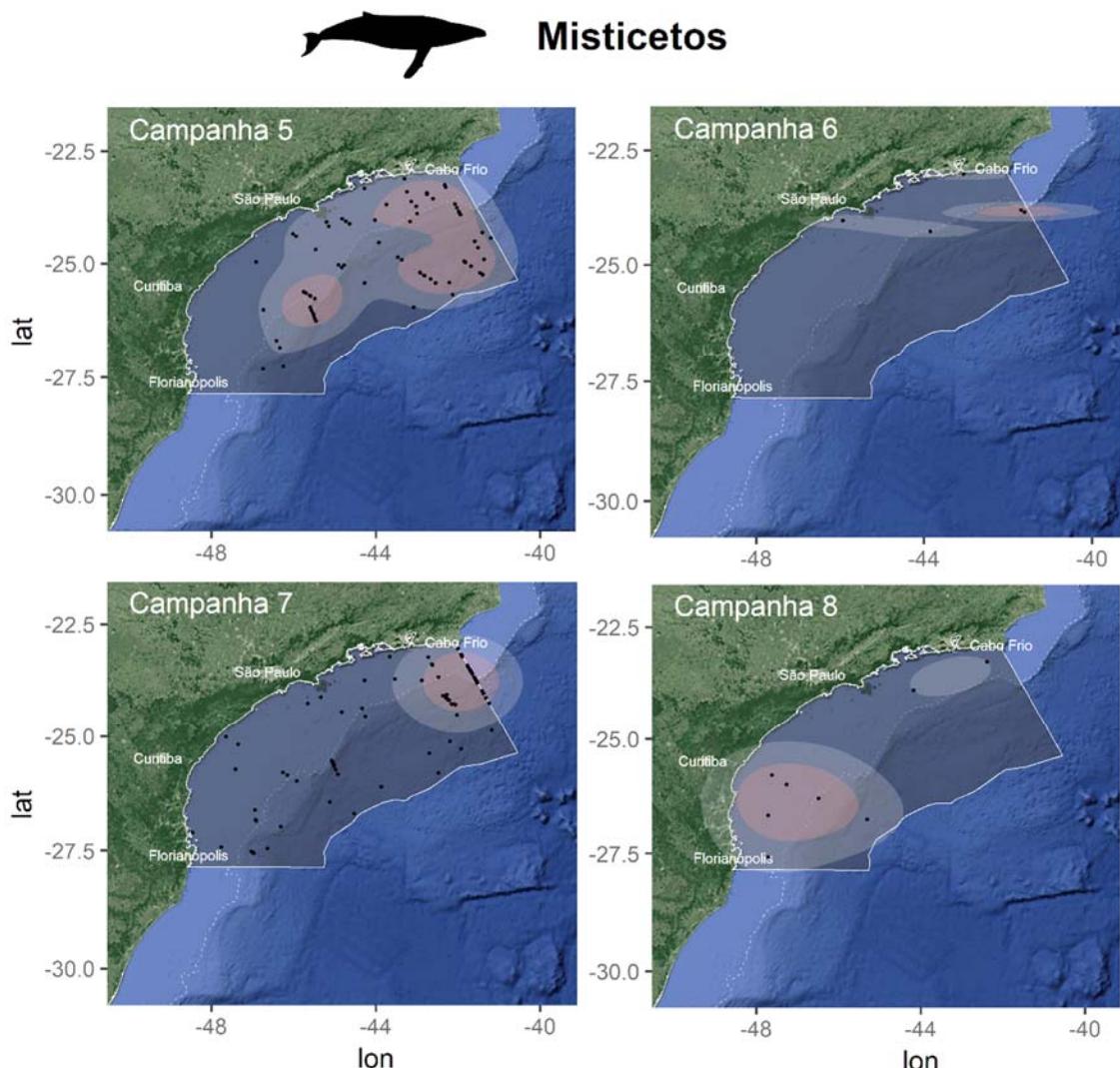
A distribuição de cetáceos foi heterogênea na Bacia de Santos, sendo possível identificar diferentes regiões de concentração que variaram entre as campanhas (**Figura V.2-1 a Figura V.2-4**).

Os misticetos apresentaram um padrão sazonal marcado. As campanhas que ocorreram no verão e primavera (Campanhas 1, 4, 6 e 8) apresentaram avistagens esparsas e pouca concentração de avistagens localizadas de forma inconsistente na Bacia de Santos. Das 11 detecções identificadas em nível específico nestas campanhas, 10 eram baleias-de-Bryde, que não realizam migrações sazonais entre áreas de alimentação e reprodução.

Nas campanhas de inverno e primavera (Campanhas 2, 3, 5 e 7), os misticetos foram mais abundantes, distribuindo-se por toda a Bacia de Santos, mas concentrando-se em algumas regiões de forma consistente, como a região do Cabo Frio e plataforma continental do estado do Rio de Janeiro. Outra região que concentrou avistagens de misticetos em pelo menos duas campanhas foi o talude continental da porção mais ao sul da Bacia de Santos, na faixa latitudinal dos estados do Paraná e Santa Catarina. Na região do Cabo Frio concentraram-se principalmente grupos ou indivíduos solitários da baleia-jubarte (ver **Volume II: Guia de Espécies**), funcionando como área de reprodução e cria de filhotes, além de ser praticamente o final/início do corredor migratório da espécie na costa brasileira (ZERBINI et al., 2006; ver também item **V.2.2. Movimentos**). No talude concentraram-se principalmente as espécies maiores do gênero *Balaenoptera*, com destaque para a baleia-sei e baleia-fin.



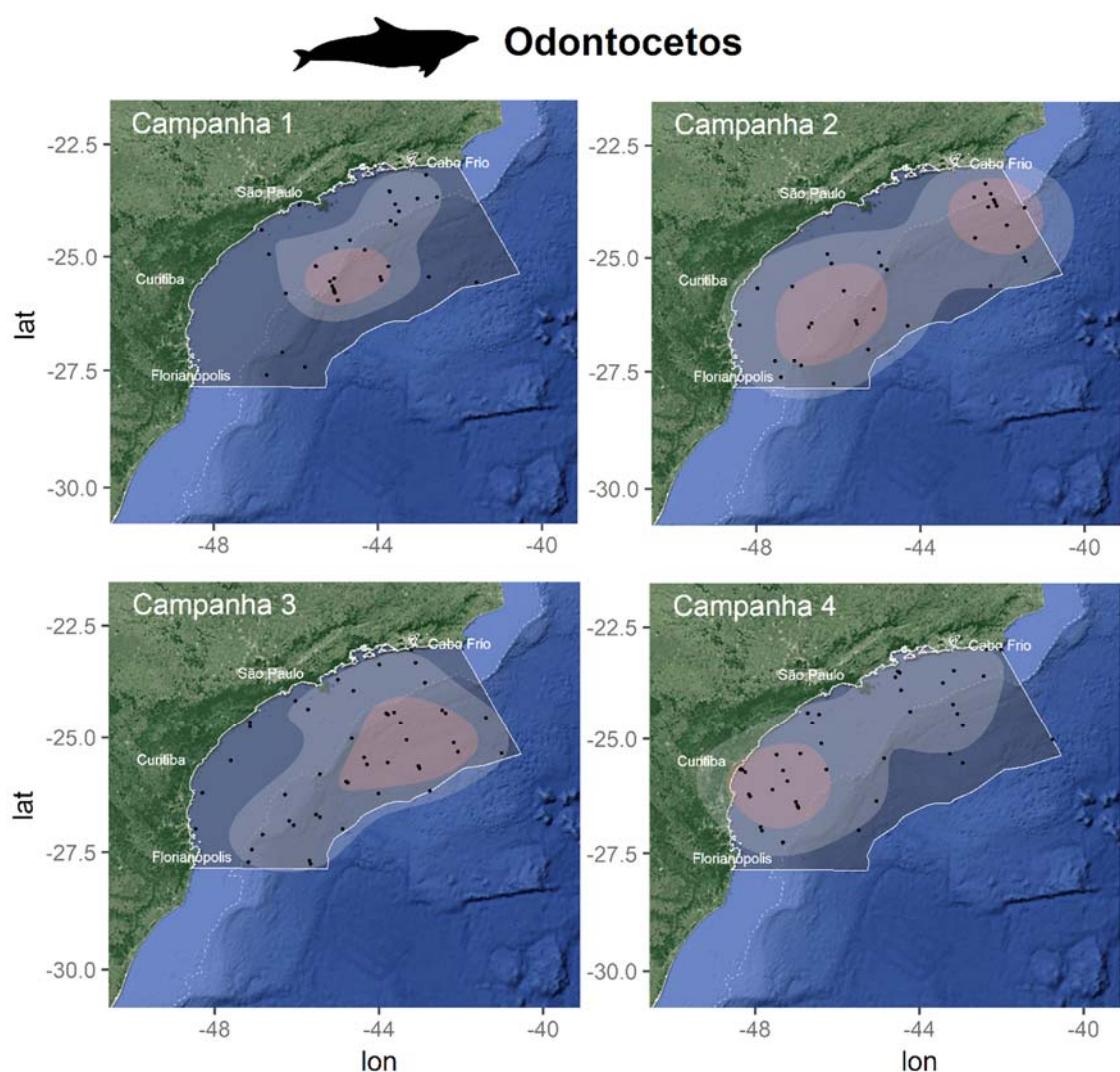
**Figura V.2-1:** Áreas de concentração (pelo método de densidade Kernel) de cetáceos misticetos detectados visualmente durante as Campanhas 1 a 4 de Avistagem Embarcada do PMC-BS. Regiões em vermelho claro correspondem à áreas de concentração de avistagens de cetáceos.



**Figura V.2-2:** Áreas de concentração (pelo método de densidade Kernel) de cetáceos misticetos detectados visualmente durante as Campanhas 5 a 8 de Avistagem Embarcada do PMC-BS. Regiões em vermelho claro correspondem à áreas de concentração de avistagens de cetáceos.

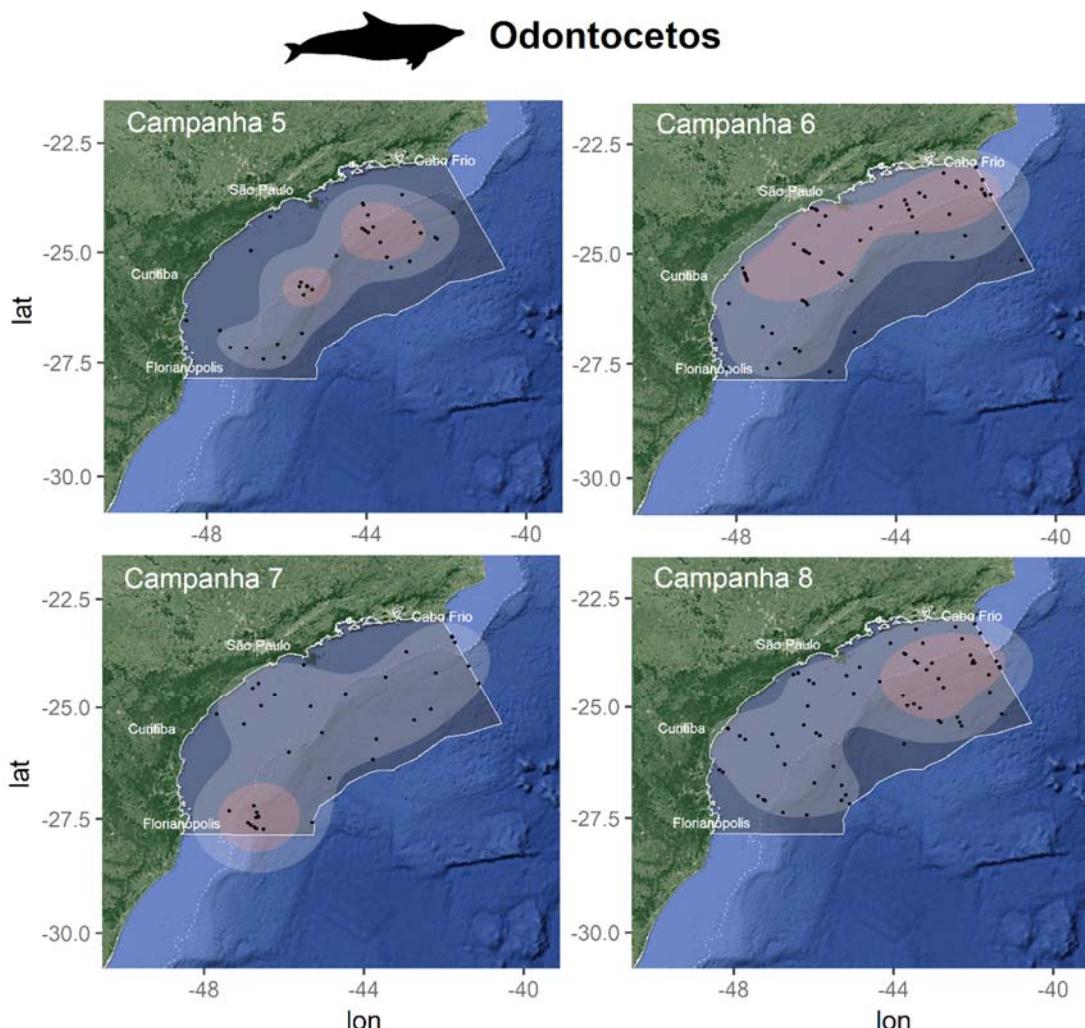
A distribuição de odontocetos foi variável, mas sem um padrão sazonal definido. As manchas de maior concentração oscilaram ao longo do talude de toda Bacia de Santos. Nas Campanhas 2, 6 e 8 foram observadas manchas de concentração de avistagens na região norte da Bacia de Santos. Nas Campanhas 1, 3 e 5 as manchas ficaram na região central, e nas Campanhas 4 e 7 a concentração se deu no sul da área de estudo, sendo que na Campanha 2

também foi verificada uma mancha nessa região. Ora a concentração de odontocetos estava deslocada mais pra costa, ora mais para o oceano aberto. Esta variabilidade pode ter relação com processos oceanográficos dinâmicos que acontecem em mesoescala (entre 100-300 km e 2-3 meses), como frentes, meandros e ressurgências. Estes processos afetam a produtividade e as cadeias tróficas marinhas, incluindo a distribuição espaço-temporal dos cetáceos, que responde principalmente à disponibilidade de suas presas (FORCADA, 2009).



**Figura V.2-3:** Áreas de concentração (pelo método de densidade Kernel) de cetáceos odontocetos detectados visualmente durante as Campanhas 1 a 4 de Avistagem Embarcada do PMC-BS. Regiões

em vermelho claro correspondem à áreas de concentração de avistagens de cetáceos.



**Figura V.2-4:** Áreas de concentração (pelo método de densidade Kernel) de cetáceos odontocetos detectados visualmente durante as Campanhas 5 a 8 de Avistagem Embarcada do PMC-BS. Regiões em vermelho claro correspondem à áreas de concentração de avistagens de cetáceos.

#### Cetáceos em Unidades de Conservação da Bacia de Santos

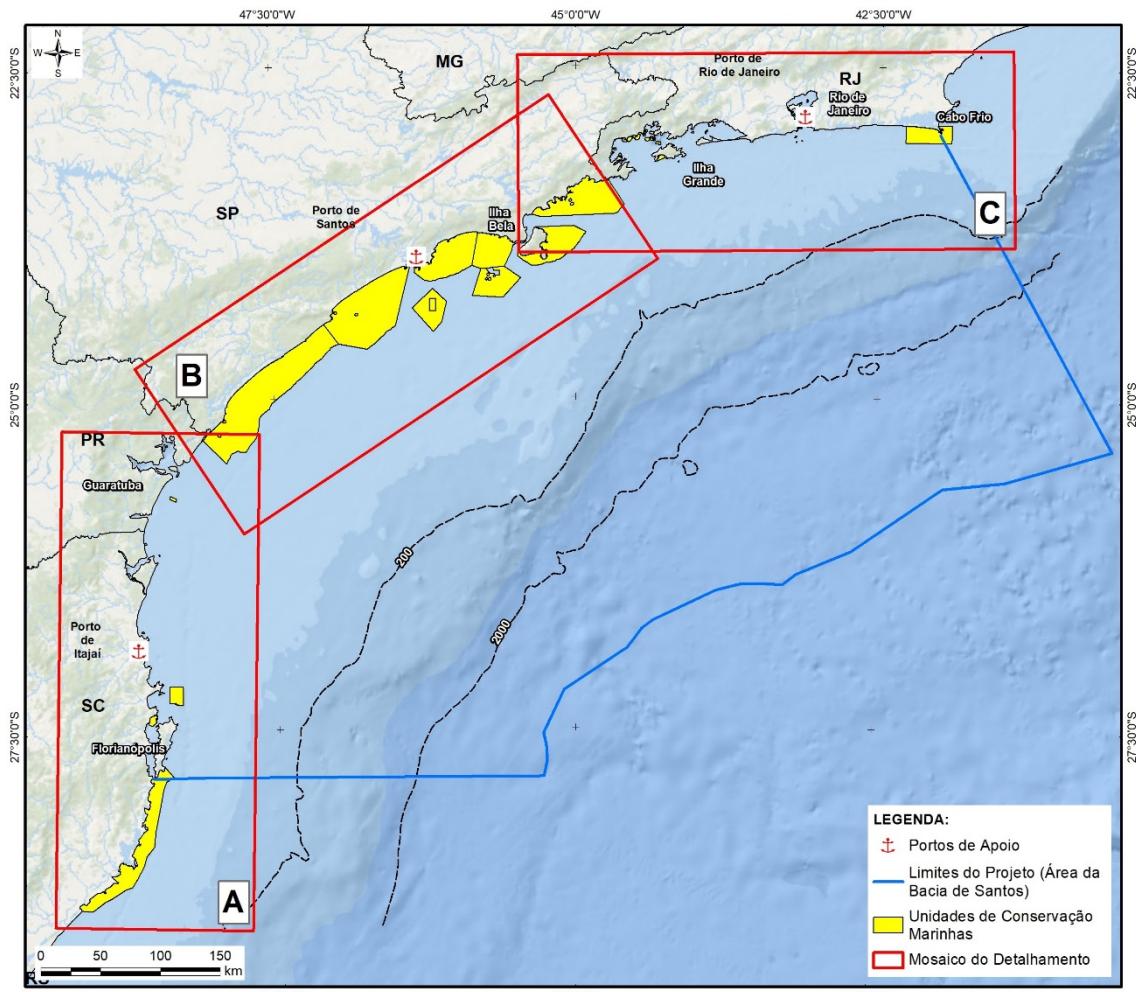
Os registros de cetáceos realizados no interior de Unidades de Conservação marinhas durante os quatro anos de PMC-BS foram avaliados e compilados abaixo. Foram avaliadas 16 Unidades de Conservação que abrangem áreas marinhas, sendo nove de uso sustentável e sete de proteção integral (**Tabela**

**V.2-1; Figura V.2-5).** Não foi incluído na análise o Monumento Natural Ilhas Cagarras pois esta Unidade de Conservação federal tem como objetivo principal de proteger as áreas insulares e só abrange um raio de 10 metros de área marinha ao redor das ilhas e ilhotas. Esta faixa foi considerada irrigária como habitats de cetáceos, mas uma análise mais aprofundada dos cetáceos observados na entrada da Baía de Guanabara foi apresentada no item seguinte.

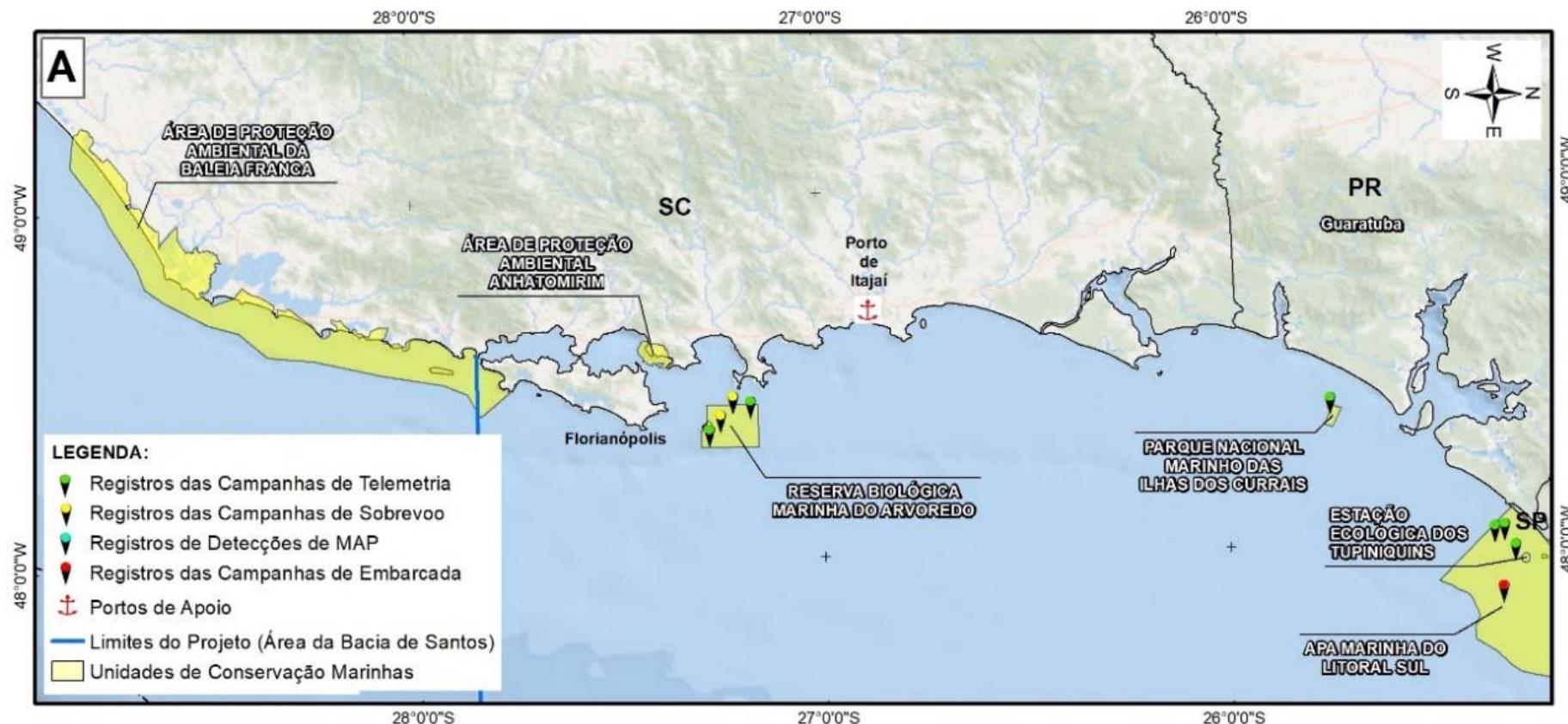
Foram realizados um total de 188 registros de grupos de cetáceos nas Unidades de Conservação (**Figura V.2-6 a Figura V.2-8**). Deste total, oito grupos não foram identificados em nível de subordem, 46 grupos eram misticetos e 134 grupos eram odontocetos. Foram identificadas nove espécies nas Unidades de Conservação avaliadas e um gênero (**Tabela V.2-2**).

**Tabela V.2-1:** *Esforço amostral por plataforma e avistagens de misticetos e odontocetos durante os quatro anos de PMC-BS em Unidades de Conservação da Bacia de Santos.*

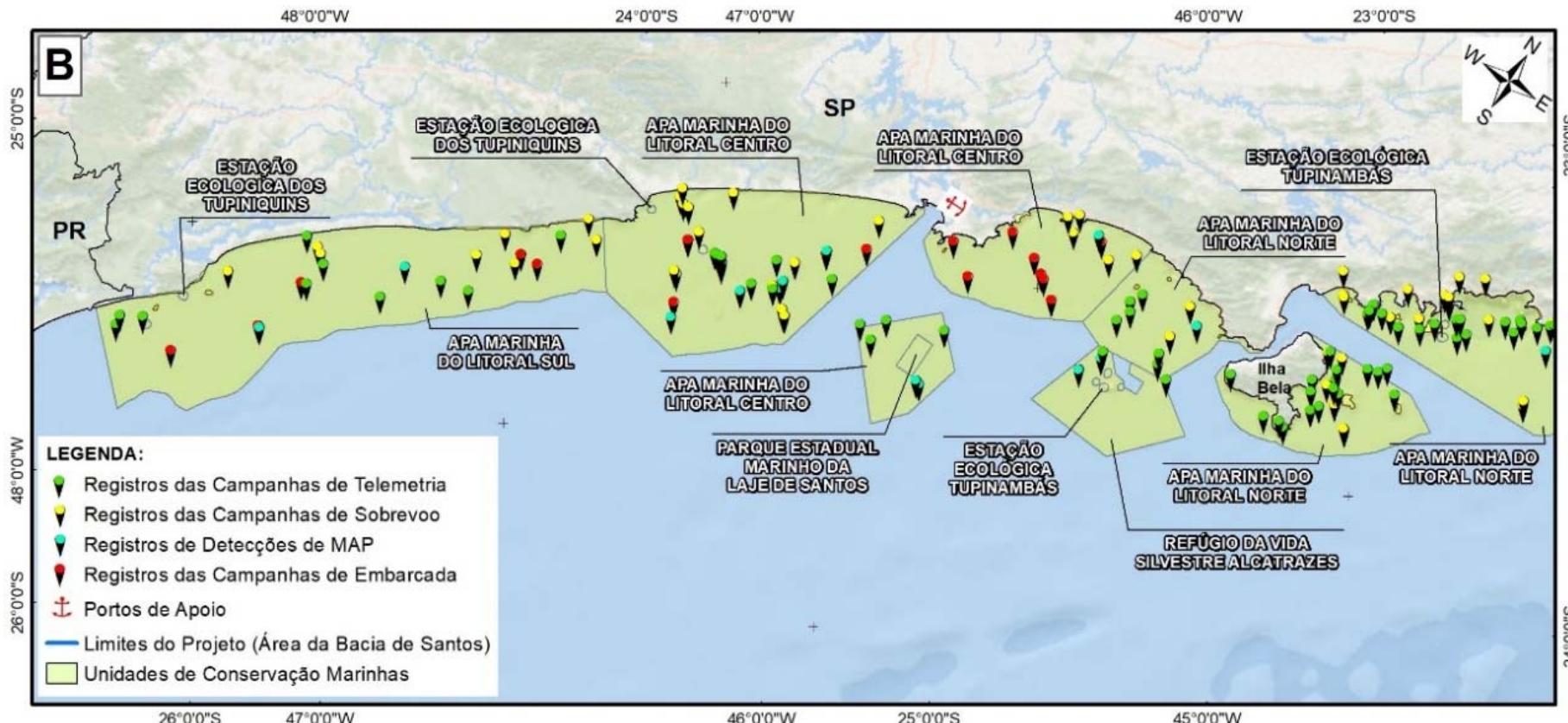
Unidades de Conservação	Estado	Órgão de manejo	Esforço por plataforma (em milhas náuticas)			Misticetos	Odontocetos
			AE	T	AA		
APA LITORAL CENTRO	SP	Fundação Florestal	478,1	635,0	1059,8	9	39
APA LITORAL NORTE	SP	Fundação Florestal	252,9	1133,6	1055,2	11	56
APA LITORAL SUL	SP	Fundação Florestal	269,6	626,3	643,4	4	19
REVIS ALCATRAZES	SP	ICMBio	59,5	117,0	54,4	1	3
RESEX ARRAIAL DO CABO	RJ	ICMBio	135,1	425,6	56,7	20	11
PE LAJE DE SANTOS	SP	Fundação Florestal	6,5	26,8	6,2	0	0
APA MORRO DO LEME	RJ	SMAC	0,4	0,0	0,6	0	0
PARNA ILHAS DOS CURRAIS	PR	ICMBio	1,2	7,2	0,0	1	0
REBIO ARVOREDO	SC	ICMBio	35,9	133,1	9,4	0	5
ESEC TUPINAMBÁS	SP	ICMBio	2,0	6,0	0,0	0	0
ESEC TUPINIQUINS	SP	ICMBio	0,0	10,8	7,0	0	1
APA DA BALEIA FRANCA	SC	ICMBio	0,0	25,8	0,0	0	0
APA PAISAGEM CARIOCA	RJ	SMAC	0,0	0,3	0,0	0	0
ESEC TAMOIOS	SP	ICMBio	0,0	0,6	10,1	0	0
APA ANHATOMIRIM	SC	ICMBio	0,0	0,0	3,8	0	0
RDS AVENTUREIRO	RJ	Inea	0,0	0,0	3,8	0	0
<b>TOTAL</b>			<b>1.241,2</b>	<b>3.148,0</b>	<b>2.910,6</b>	<b>46</b>	<b>134</b>



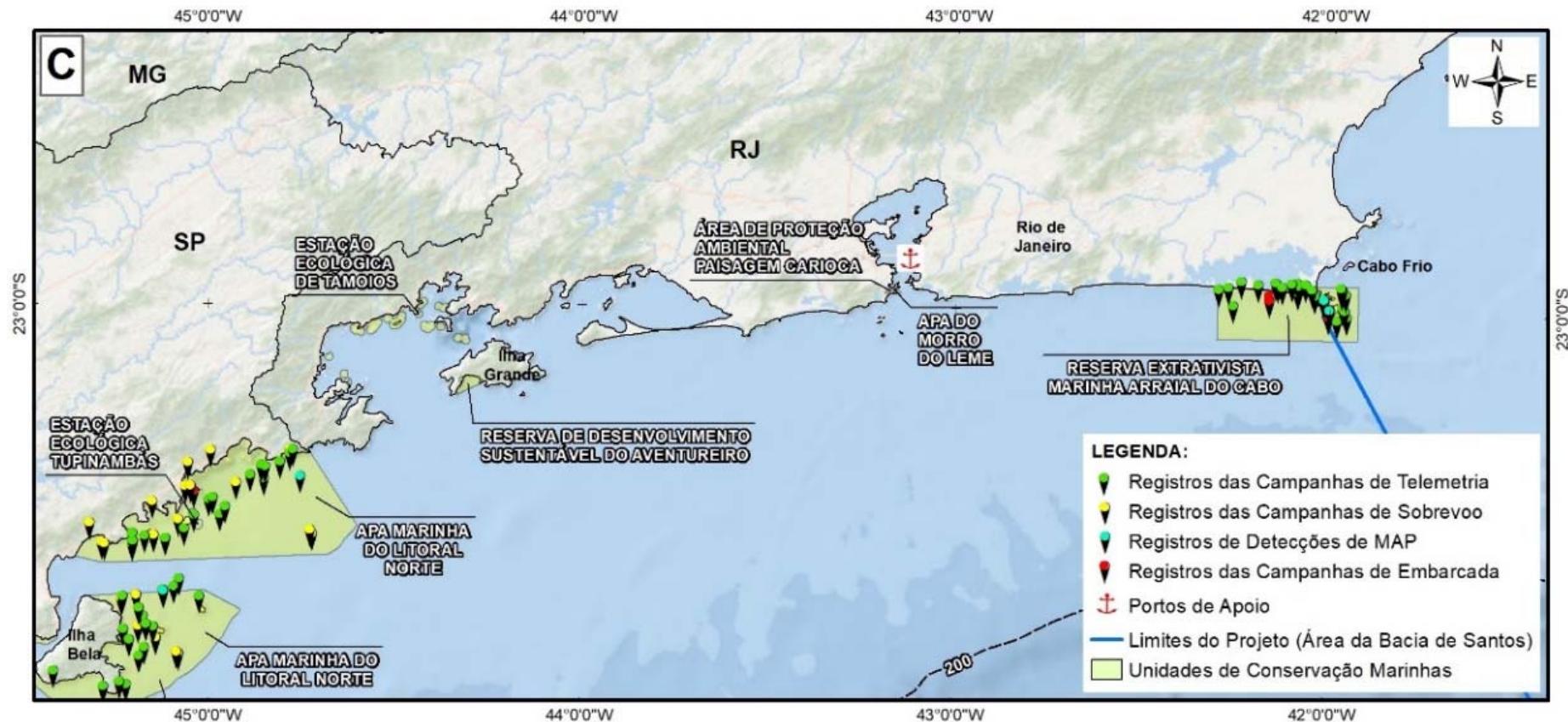
**Figura V.2-5: Unidades de Conservação marinhas da Bacia de Santos.**



**Figura V.2-6:** Registros de cetáceos em Unidades de Conservação marinhas da Bacia de Santos durante os quatro anos do PMC-BS.  
 Quadro A: recorte sul da Bacia de Santos, conforme a Figura V.2-5.



**Figura V.2-7:** Registros de cetáceos em Unidades de Conservação marinhas da Bacia de Santos durante os quatro anos do PMC-BS.  
 Quadros B: recorte central da Bacia de Santos, conforme a Figura V.2-5.



**Figura V.2-8:** Registros de cetáceos em Unidades de Conservação marinhas da Bacia de Santos durante os quatro anos do PMC-BS. Quadros C: recorte norte da Bacia de Santos, conforme a Figura V.2-5.

**Tabela V.2-2:** Espécies e gêneros de cetáceos registradas em Unidades de Conservação durante os quatro anos de PMC-BS.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	Cetáceos não identificados	Subordem Mysticeti					Subordem Odontoceti						
		<i>Eubalaena australis</i>	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Misticeto não identificado	<i>Orcinus orca</i>	<i>Stenella frontalis</i>	<i>Tursiops truncatus</i>	Steno bredanensis	<i>Sotalia guianensis</i>	<i>Delphinus</i> sp.	<i>Pontoporia blainvilliei</i>	Odontoceto não identificado
<b>APA LITORAL CENTRO</b>	3	0	2	3	4	0	14	2	0	1	1	6	15
<b>APA LITORAL NORTE</b>	4	1	6	4	0	2	13	6	2	6	1	11	15
<b>APA LITORAL SUL</b>	0	0	1	2	1	0	7	2	0	0	0	1	9
<b>REVIS ALCATRAZES</b>	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1
<b>RESEX ARRAIAL DO CABO</b>	1	0	14	2	4	1	2	3	1	0	1	0	3
<b>PARNA ILHAS DOS CURRAIS</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>REBIO ARVOREDO</b>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3
<b>ESEC TUPINIQUINS</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>36</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>47</b>

### Avistagens de cetáceos na região da entrada da Baía de Guanabara

O presente item visa atender a condicionante nº 2.6.1 que consta na Autorização para Licenciamento Ambiental (ALA) nº 02/2019 emitida pelo ICMBio para o projeto ETAPA 3 do Pré-Sal pela Petrobras. Para a descrição dos dados sobre cetáceos deste item, usaram-se dois polígonos: (a) o polígono descrito na ALA nº 02/2019 que descreve a entrada da Baía de Guanabara; e (b) um *buffer* de 30 km ao redor do polígono descrito na ALA. Por conta do pequeno tamanho da área descrita na ALA, também foi delimitado um *buffer* que visou descrever uma região maior e compatível com a escala espacial de deslocamentos da maior parte das espécies de cetáceos que ocorrem na região. Segue descrição do polígono que consta na ALA:

2.6.1	<p>Os relatórios deverão conter as coordenadas geográficas (em graus decimais) das avistagens de espécies de cetáceos no polígono compreendido entre o Pontão do Leblon - laje Banco do Brasil - Ilhas Redonda e Rasa - Ponta de Itaipu - Ilhas do Pai, Mãe e Menina - Ponta de Jurujuba e Flamengo (entrada da Baía de Guanabara), conforme coordenadas abaixo:</p> <p>Pontão do Leblon 22°59'44.23"S 43°13,50.21"W</p> <p>Laje Banco do Brasil 23°4'59.63"S 43°12'32.58"W</p> <p>23°4'47.76"S 43°2'51.00"W</p> <p>Ponta do Itaipu 22°58'56.65"S 43°3'6.65"W</p> <p>Ponta de Jurujuba 22°55'26.01"S 43°7'26.21"W</p> <p>Praia do Flamengo 22°55'22.73"S 43°10'10.71"W</p>
-------	--

Entre novembro de 2015 e junho de 2019 foram realizadas 24 campanhas de amostragem de cetáceos na Bacia de Santos (**Tabela V.2-3**). O esforço amostral total no polígono da entrada da baía de Guanabara foi de 576 km percorridos. Três tipos de campanhas foram realizadas no PMC-BS: (1) Campanha de Avistagem Embarcada e Monitoramento Acústico Passivo (MAP); (2) Campanha de Avistagem Aérea; e (3) Campanha de Telemetria. Uma descrição detalhada dos métodos encontra-se no Projeto Executivo do PMC-BS (PETROBRAS, 2015). As campanhas de Avistagem Aéreas consistiram na amostragem por sobrevoos de

uma malha sistemática de transecções na Bacia de Santos. As Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP tiveram esforço sistemático, mas foram realizadas a bordo de uma embarcação do tipo *supply*. As Campanhas de Telemetria foram realizadas usando a mesma embarcação, e as rotas visaram encontrar o maior número de grupos com potencial de colocação de transmissores satelitais e digitais.

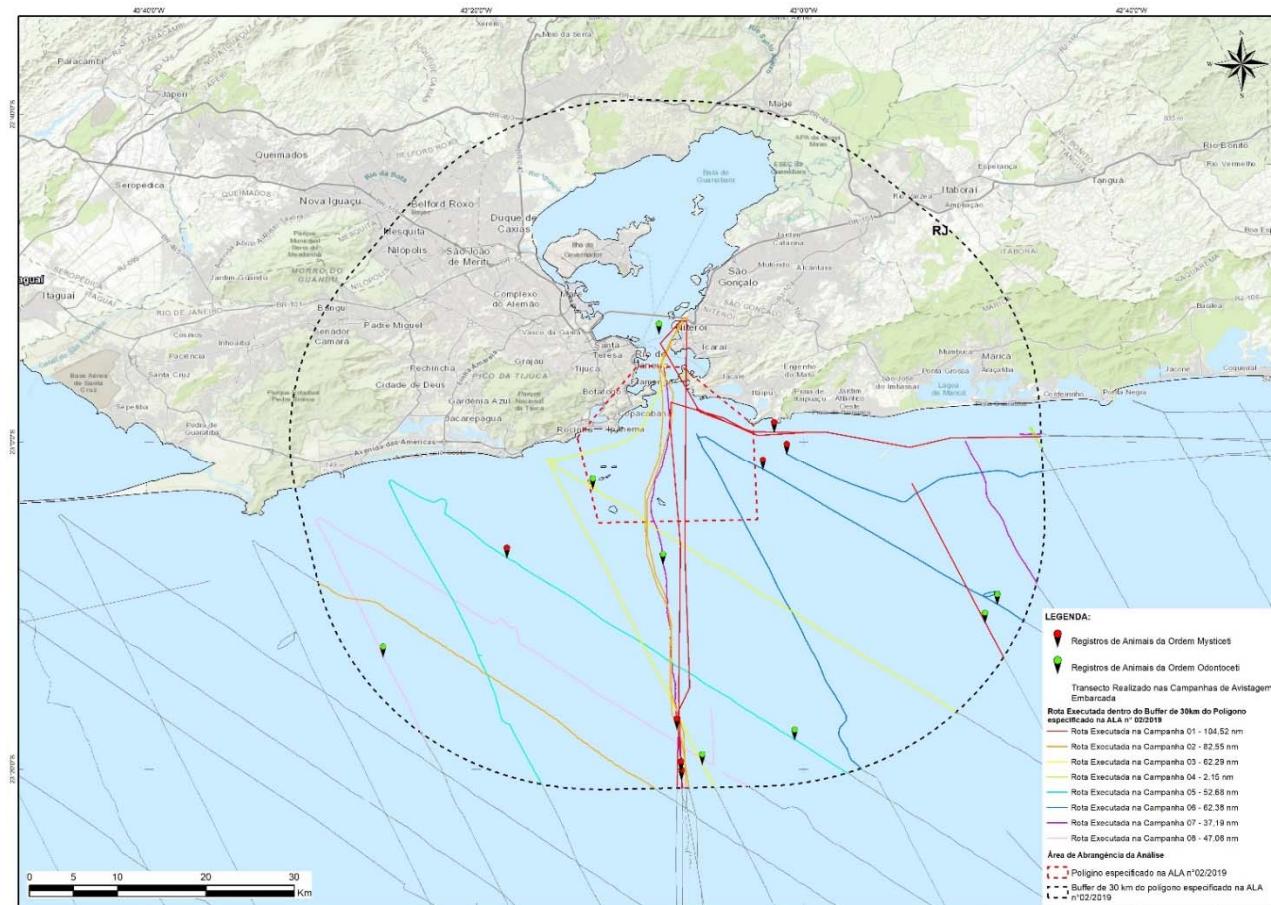
*Tabela V.2-3: Esforço amostral e cetáceos observados na entrada da baía de Guanabara e entorno durante Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BC), entre 2015 e 2019. Notação: E = Avistagem Embarcada; A = Avistagem Aérea; T = Telemetria.*

Campanha	Esforço		Grupos de cetáceos	
	ALA	BUFFER	ALA	BUFFER
T1	42,8	180,5	0	1
T2	29,9	155,8	0	3
T3	42,7	114,7	0	0
T4	27,9	97,7	0	3
T5	52,0	125,6	2	4
T6	50,8	207,0	1	1
T7	30,4	144,1	1	12
T8	68,4	280,5	0	3
A1	-	164,9	0	0
A2	21,9	156,1	0	0
A3	0,2	146,5	0	0
A4	38,9	106,2	0	0
A5	-	129,8	0	0
A6	3,1	131,5	0	0
A7	13,0	66,0	1	0
A8	-	134,4	0	0
E1	58,4	194,0	0	3
E2	36,2	153,2	0	0
E3	24,1	115,6	0	2
E4	-	4,0	0	1
E5	-	97,8	0	1
E6	18,0	115,8	0	3
E7	-	69,0	0	4
E8	17,8	87,3	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>576,6</b>	<b>3.178,0</b>	<b>4</b>	<b>43</b>
<b>Média</b>	<b>32,0</b>	<b>132,4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

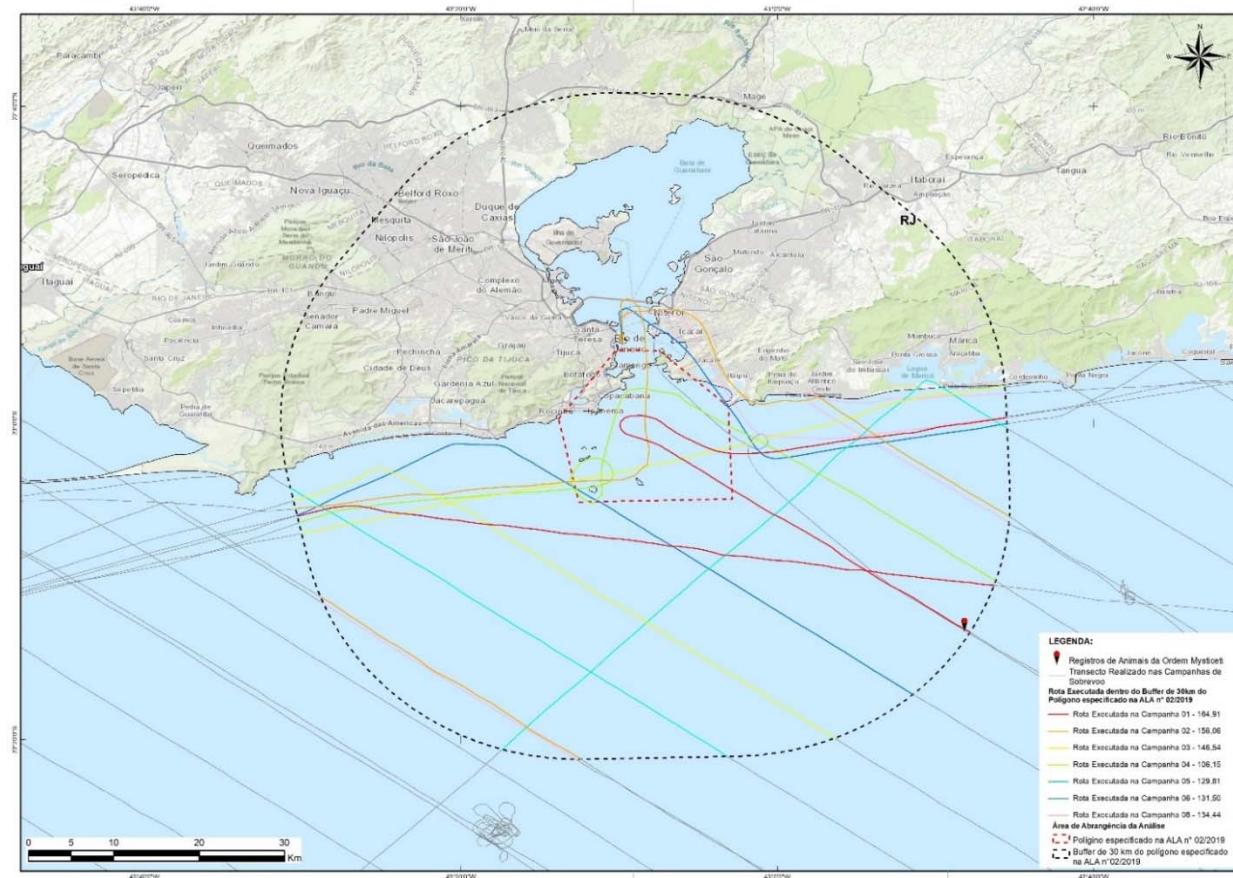
Foram registrados quatro grupos de cetáceos na região descrita na ALA e 43 grupos na região de entorno – *buffer* de 30 km. Foram identificadas cinco espécies de cetáceos nas campanhas (**Tabela V.2-4**). As espécies com maior número de grupos registrados na região da entrada da Baía de Guanabara descrita pela ALA e no entorno foram a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae* – n = 20) e a baleia-de-Bryde (*Balaenoptera brydei* - n = 9). A localização georeferenciada dos registros está apresentada na **Figura V.2-9** a **Figura V.2-11**.

**Tabela V.2-4:** Gêneros e espécies de cetáceos identificados durante as campanhas do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS) entre 2015 e 2019 na entrada da Baía de Guanabara e adjacência (*buffer* de 30 km).

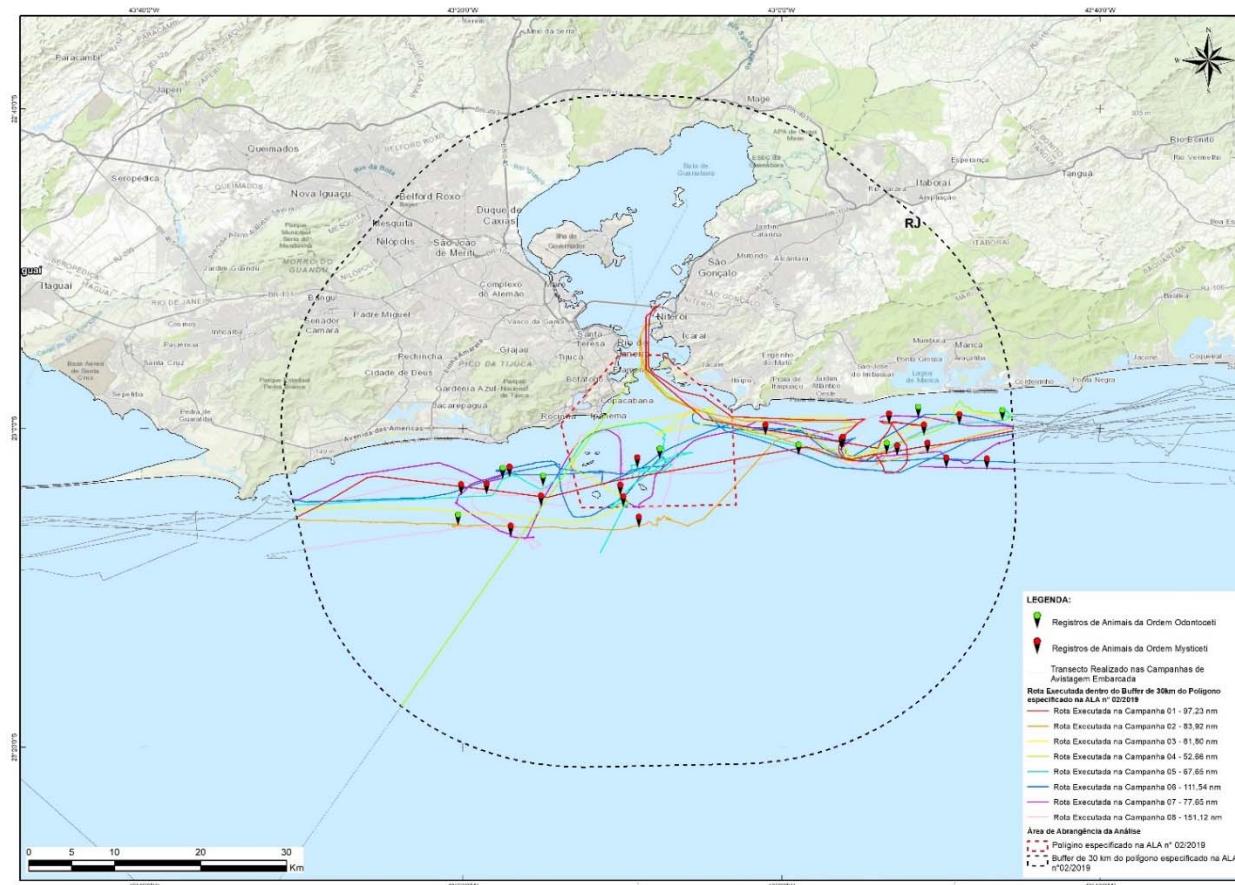
Táxon	Nome popular	Grupos	
		ALA	Buffer
Sub-Ordem Mysticeti			
Família Balaenopteridae			
<i>Balaenoptera</i> sp.	-	0	1
<i>Balaenoptera brydei</i>	Baleia-de-Bryde	2	7
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Baleia-jubarte	1	19
Sub-Ordem Odontoceti			
Família Delphinidae		0	4
<i>Tursiops truncatus</i>	Golfinho-nariz-de-garrafa	1	5
<i>Steno bredanensis</i>	Golfinho-de-dentes-rugosos	0	2
<i>Stenella frontalis</i>	Golfinho-pintado-do-Atlântico	0	3
<i>Delphinus</i> sp.	Golfinho-comum	0	2
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>	<b>43</b>



**Figura V.2-9:** Registros de cetáceos e rotas amostradas durante Campanhas de Avistagem Embarcada do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS) entre 2015 e 2019 na entrada da Baía de Guanabara e adjacências (buffer de 30 km).



**Figura V.2-10:** Registros de cetáceos e rotas amostradas durante Campanhas de Avistagem Aérea do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS) entre 2015 e 2019 na entrada da Baía de Guanabara e adjacências (buffer de 30 km).



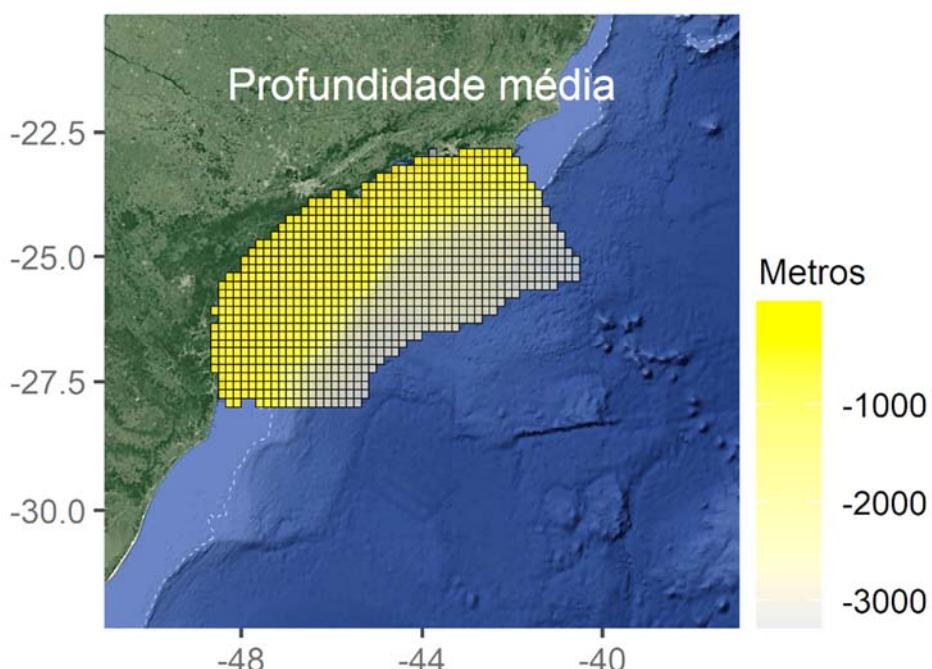
**Figura V.2-11: Registros de cetáceos e rotas amostradas durante Campanhas de Telemetria do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS) entre 2015 e 2019 na entrada da Baía de Guanabara e adjacências (buffer de 30 km).**

As informações levantadas sobre avistagens de cetáceos na entrada da Baía de Guanabara e região adjacente (*buffer* de 30 km), coletadas durante as campanhas do PMC-BS entre 2015 e 2019, demonstram o uso frequente da região por pelo menos seis espécies de cetáceos destacando-se as baleias-jubarte e baleia-de-Bryde, e os golfinhos-nariz-de-garrafa e golfinhos-de-dentes-rugosos. Estas duas espécies de golfinhos também foram estudadas por foto-identificação e por telemetria satelital durante o PMC-BS, realizando deslocamentos ao longo da costa entre as regiões de Ilha Grande (RJ) e Cabo Frio (RJ) (CREMER *et al.*, 2018; PETROBRAS, 2018b). Este padrão reforça o que já foi descrito na literatura, com uma fidelidade ao uso da região costeira do Estado do Rio de Janeiro por estas espécies (LODI *et al.*, 2008; 2012). Vale destacar também a presença de espécies que não foram registradas durante o esforço do PMC-BS descrito aqui, mas que sabidamente ocorrem na região compreendida por este relatório. Uma delas é o boto-cinza (*Sotalia guianensis*), que possui uma população residente que usa águas interiores da Baía de Guanabara (AZEVEDO *et al.*, 2017). A orca (*Orcinus orca*) e a baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*) também ocorrem na região e realizam deslocamentos ao longo da costa do Estado do Rio de Janeiro (LODI; HETZEL, 1998; LODI *et al.*, 1996).

#### *Variáveis ambientais e antrópicas*

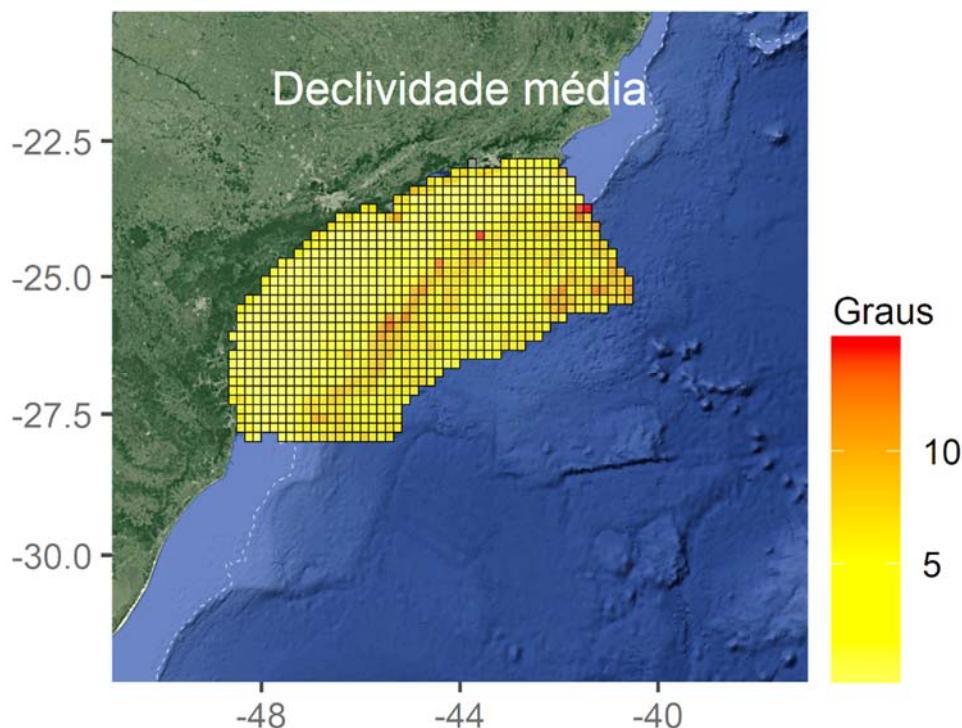
Para as análises, utilizou-se inicialmente um *grid* com 902 quadrantes ou blocos de 18,5 km de largura. Cada bloco/quadrante corresponde à unidade amostral da modelagem de habitat. Deste *grid* inicial foram eliminados os blocos com amostragem menor que cinco milhas náuticas navegadas em esforço ou com ausência de cobertura para alguma variável ambiental. Depois da filtragem restaram para análise 873 quadrantes, que foram caracterizados de acordo com diversas variáveis ambientais e antrópicas descritas a seguir:

- **BATIMETRIA:** Os dados Batimétricos foram obtidos do *General Bathymetric Chart of the Oceans* (GEBCO)<sup>1</sup>, que corresponde ao modelo de Elevação do fundo dos oceanos (**Figura V.2-12**). O conjunto de dados GEBCO inclui modelos mundiais que estão disponíveis para download em uma grade global de intervalo de 30 segundos (2014) e 1 minuto (2008). Os dados batimétricos seguiram o formato raster, possibilitando o processamento em ambiente SIG e a construção de modelos hipsométricos e clinográficos (**Figura V.2-13**) do assoalho oceânico na área do projeto e no seu entorno.



**Figura V.2-12:** Profundidade média (em metros) nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos.

<sup>1</sup> [http://www.gebco.net/data\\_and\\_products/gridded\\_bathymetry\\_data/](http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/)



**Figura V.2-13:** Declividade média (em graus) nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos.

**- DISTÂNCIA DA COSTA:** A distância da costa foi calculada da borda mais próxima do bloco para o ponto mais próximo da costa, medida em quilômetros (Figura V.2-14).

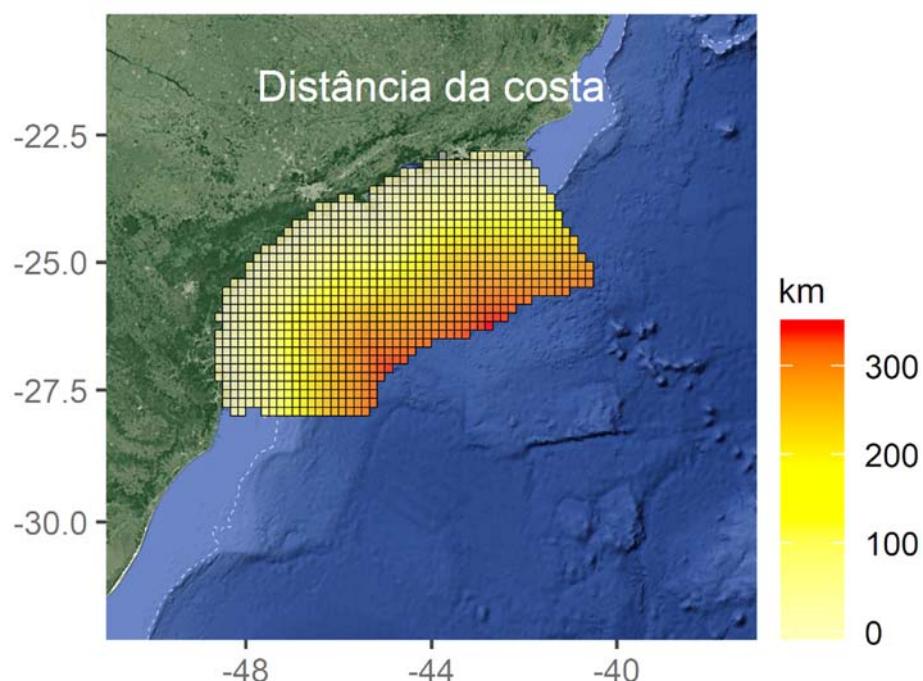
**- TEMPERATURA:** Os dados de temperatura da superfície do mar (SST) incluíram duas fontes distintas com informações geradas diariamente através de sensoriamento remoto: (a) dados obtidos da base operacional pela Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica (REMO) do Laboratório de Meteorologia Aplicada da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LMA / UFRJ)<sup>2</sup>; e (b) dados do Instituto Meteorológico Dinamarquês (DMI)<sup>3</sup>. Detalhes das duas fontes de informações coletadas via satélite estão descritas no Relatório Anual 3 do PMC-BS (PETROBRAS, 2018b).

**- CORRENTES OCEÂNICAS:** Os dados de correntes oceânicas (Figura V.2-15) foram obtidos do projeto Ocean Surface Current Analyzes - Real Time

<sup>2</sup> Disponível em: <[https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/REMO\\_OI\\_SST\\_5km-UFRJ-L4-SAMERICA-v1.0](https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/REMO_OI_SST_5km-UFRJ-L4-SAMERICA-v1.0)>

<sup>3</sup> Disponível em: <[https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/DMI\\_OI-DMI-L4-GLOB-v1.0](https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/DMI_OI-DMI-L4-GLOB-v1.0)>

(OSCAR) da NOAA, que publica estimativas globais das correntes de superfície do oceano, combinando observações de satélites de altímetros que medem a altura da superfície do mar<sup>4</sup>, os dispersores que estimam os vetores de vento do oceano<sup>5</sup> e sensores de temperatura da superfície do mar<sup>6</sup>. O objetivo do projeto OSCAR é fornecer estimativas de corrente oceânica mais precisas do que aquelas baseadas em altimetria, particularmente em regiões tropicais, ao combinar a dinâmica de cisalhamento geostrófica, Ekman e Stommel e um termo complementar do gradiente de flutuação da superfície (BONJEAN & LAGERLOEF, 2002).

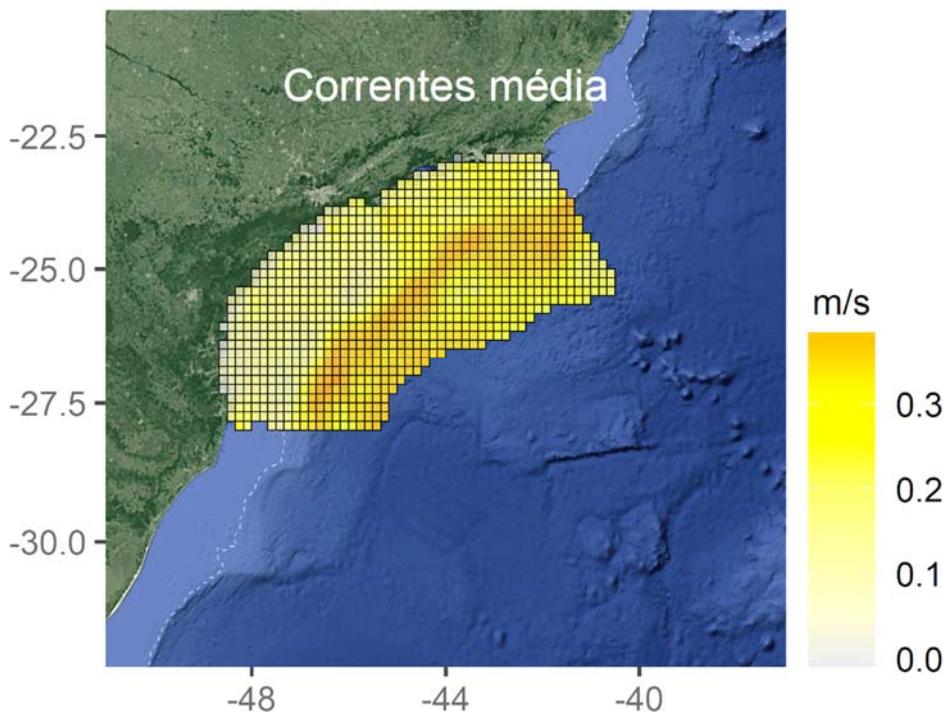


**Figura V.2-14:** Distância da costa (em quilômetros) dos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos.

<sup>4</sup> por exemplo, TOPEX / Poseidon.

<sup>5</sup> por exemplo, QuikSCAT

<sup>6</sup> por exemplo, AVHRR



**Figura V.2-15:** Velocidade (em m/s) das correntes marítimas nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos.

**- CLOROFILA:** Os dados de concentração de clorofila A foram obtidos do Grupo OceanColor da NASA GSFC<sup>7</sup>, que disponibilizou dados Rasters climatológicos para um produto de Imagem Padrão Nível 3 (SMI). O OceanColor Group da NASA Goddard Space Flight Center (GSFC) publica uma variedade de produtos de imagem de satélite derivados de observações de cores oceânicas feitas por sensores em órbita polar, como MODIS, SeaWiFS, OCTS e CZCS. Segundo o projeto, o algoritmo fornece a concentração superficial de clorofila-a em mg/m<sup>3</sup> (ver mais detalhes em PETROBRAS, 2018b).

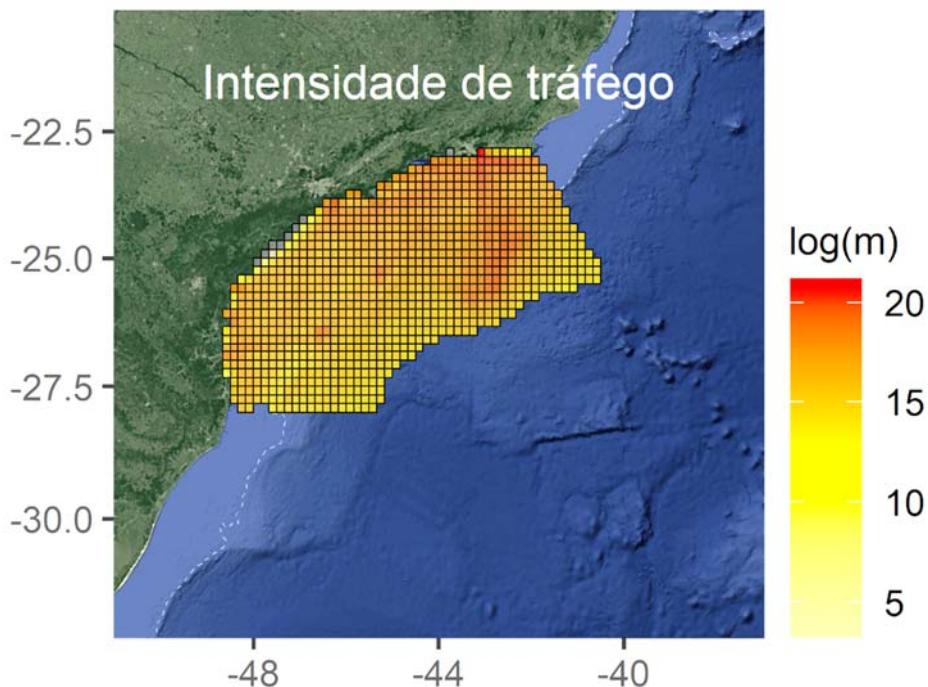
**- SALINIDADE:** Os dados de Salinidade foram obtidos do projeto HYCOM. O projeto é mantido como um único código fonte escalável / portátil mantido pelo Centro de Recursos Compartilhados Maiores do Office Oceanográfico Naval (NAVOCEANO). O modelo de forçamento para o oceano vem da Reanálise do Sistema de Previsão Climática do Centro Nacional de Previsão Ambiental (NCEP) (SAHA et al., 2010). As condições de limite aberto são fornecidas pela reanálise HYCOM global. Os dados são interpolados para uma grade uniforme

<sup>7</sup> Disponível em: <[https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/atbd/chlor\\_a/](https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/atbd/chlor_a/)>

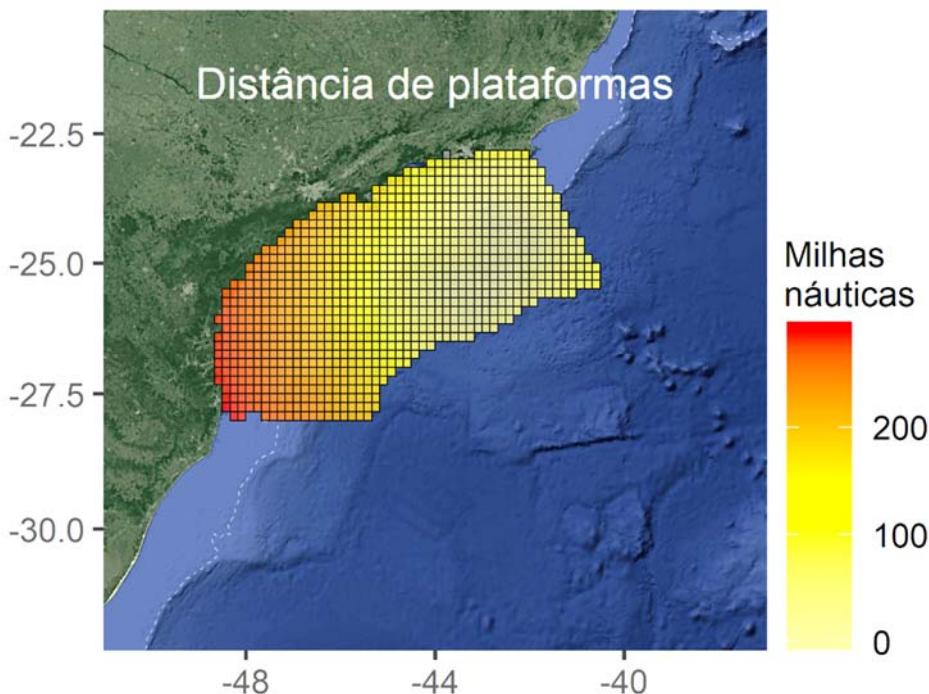
de  $1/25^\circ$  (GOMu0.04), convertidos para NetCDF e interpolados para 40 níveis. Os resultados obtidos para salinidade são medidos em PSU (Practical Salinity Unit).

**- TRÁFEGO DE EMBARCAÇÕES:** Esta variável antrópica foi descrita pela intensidade de tráfego marítimo em cada bloco, medido pela distância percorrida pelas embarcações em metros dentro do bloco (**Figura V.2-16**). Esses dados foram fornecidos em caráter mensal pelo Projeto de Monitoramento do Tráfego de Embarcações (PMTE) da Bacia de Santos. Devido à grande diferença de escala de valores do tráfego de embarcações em relação às outras variáveis, os valores trafegados em cada bloco foram transformados pelo logaritmo natural antes da modelagem.

**- PROXIMIDADE DE UNIDADES DE PRODUÇÃO DE ÓLEO E GÁS DO PRÉ-SAL:** Esta variável consistiu da distância mais próxima da borda do bloco até a unidade de produção de petróleo e/ou gás (**Figura V.2-17**).



**Figura V.2-16:** Intensidade de tráfego de embarcações (em log de metros navegados) nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos.

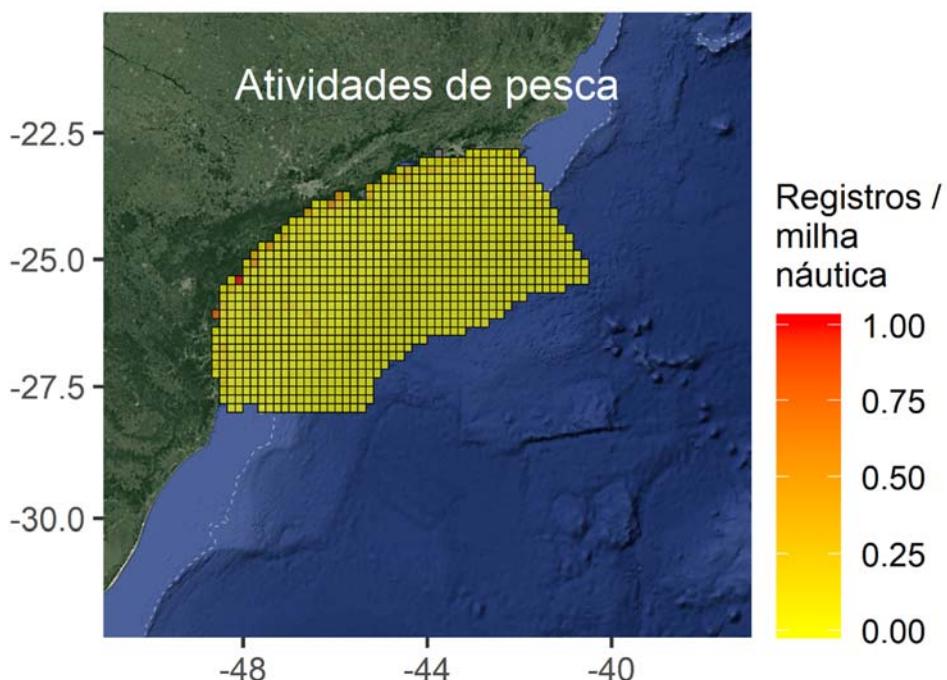


**Figura V.2-17:** Distância das plataformas de produção de petróleo do Pré-Sal dos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos.

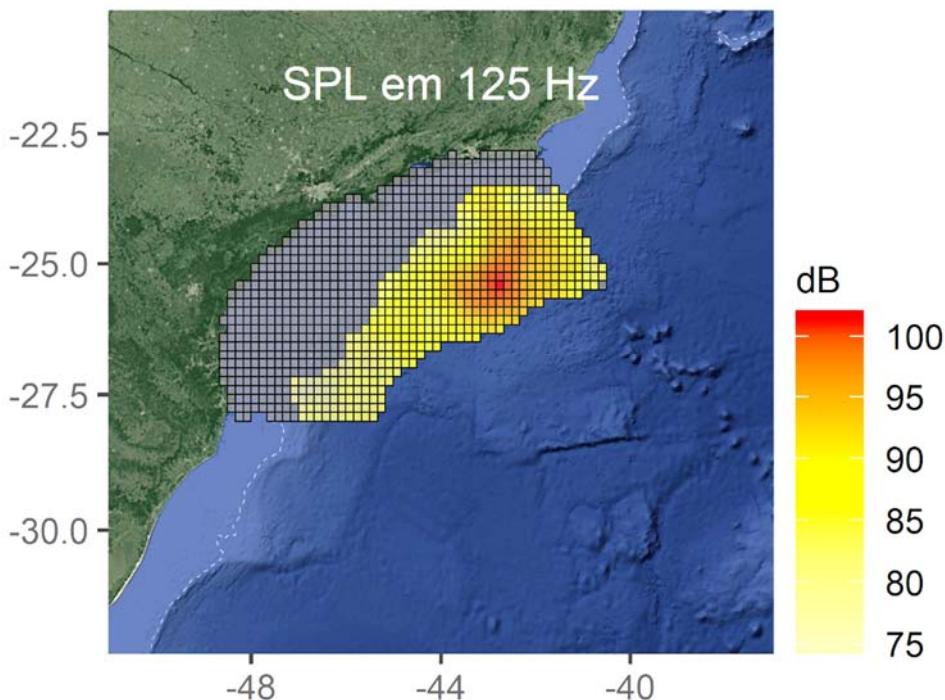
**- ATIVIDADES DE PESCA:** Os eventos de pesca foram coletados concomitantemente com o esforço de cetáceos. Durante as Campanhas de Avistagem Embarcada foram registradas todas as embarcações e/ou petrechos de pesca observados ao longo das linhas de transecção (Figura V.2-18). O número de registros foi então contabilizado para cada bloco e corrigido pelo esforço amostral (em milhas náuticas) no bloco. A utilização destes dados coletados *in loco* durante as amostragens do PMC é ainda preliminar e pode ser questionada, pois este é principalmente um índice de tráfego de embarcações de pesca. Planeja-se utilizar o banco de dados do PMAP (Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira) da Bacia de Santos para os cruzamentos com a distribuição de cetáceos nos próximos anos.

**- PAISAGEM ACÚSTICA SUBMARINA:** A caracterização da paisagem acústica submarina foi feita por meio de medições dos níveis de pressão sonora (SPL) do ruído ambiente da região da Bacia de Santos, no âmbito do Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina (PMPAS). Foram utilizados dados de perfiladores lagrangeanos (PABLO) e de gliders (de julho a dezembro

de 2018. Os dados de 2019 ainda estão sendo processados). Maiores informações sobre o PMPAS e os equipamentos utilizados podem ser obtidos nos relatórios do projeto (PETROBRAS, 2017a; 2018a; 2019). Para a análise, foram consideradas as frequências de 63 e 125 Hz, que são as utilizadas para o monitoramento do ruído antropogênico (DEKELING et al., 2014), coletadas na faixa de profundidade de 0 a 100 metros (**Figura V.2-19**).



**Figura V.2-18:** Intensidade de atividades de pesca (em número de registros de embarcações e petrechos) nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos.



**Figura V.2-19:** Nível de pressão sonora (SPL) a frequência de 125 Hz (em dB) a 100 metros de profundidade nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos.

#### Processamento dos dados ambientais

Todos os dados satelitais analisados neste estudo contaram com o auxílio da ferramenta Marine Geospatial Ecology Tools (MGET), também conhecida como o pacote GeoEco Python. O MGET é uma “caixa de ferramentas” de geoprocessamento de fonte aberta projetada para pesquisadores costeiros e marinhos e analistas de GIS que trabalham com dados ecológicos e oceanográficos. Ele permite o acesso aos dados oceanográficos, a identificação de características oceanográficas ecologicamente relevantes em imagens de sensoriamento remoto, e a detecção de padrões espaço-temporais em dados de séries temporais.

O acesso aos dados é realizado com base nas datas de cada uma das campanhas e no tipo de informação que se deseja adquirir, gerando, assim, a média das informações em cada intervalo. Os dados são adquiridos em formato Raster, cuja informação fica relacionada ao pixel, e vão corresponder, respectivamente, à resolução espaço-temporal de cada sensor.

Os processamentos desses dados resultaram em um arquivo Raster de toda a área do projeto e adjacências, de cada um dos parâmetros analisados, para cada uma das campanhas realizadas. De posse da setorização dos blocos de análise, realizou-se o cruzamento dos setores com os dados de satélite, resultando, assim, no valor médio de cada parâmetro, em cada bloco.

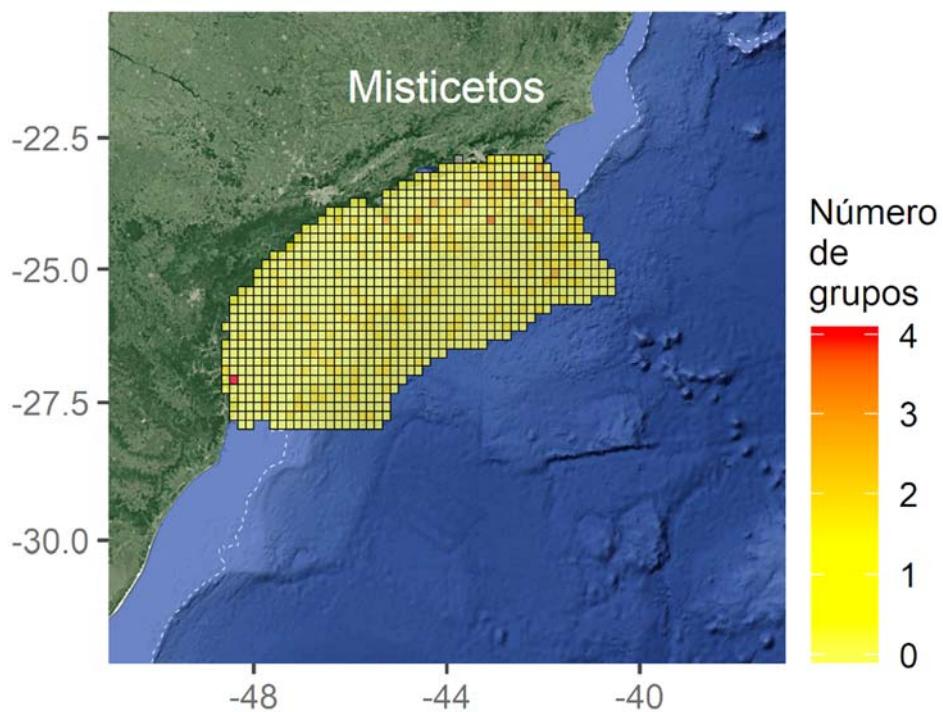
A ferramenta *Zonal Estatistical as Table* em ambiente GIS possibilitou esse processo. Ela resume os valores de um Raster dentro das zonas de outro conjunto de dados e repassa os resultados a uma tabela. Dessa maneira, a média dos registros dos pixels existentes naquela região foi extraída de dentro da área de cada bloco de análise.

### Análises dos dados

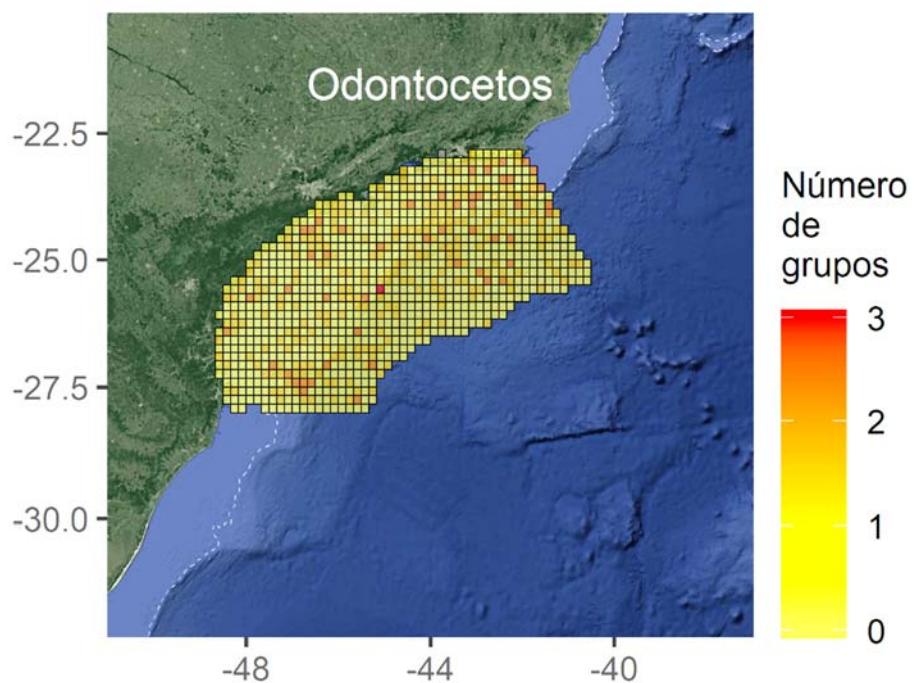
A modelagem estatística foi uma ferramenta importante para a análise desses dados, pois permite descrever, explicar e gerar previsões sobre a abundância relativa de cetáceos nos blocos em função de fatores ambientais e antrópicos.

Dois conjuntos de modelos foram construídos e analisados com os dados das Campanhas de Avistagem Embarcada, um para misticetos e outro para odontocetos. Nos dois casos, a variável resposta ou dependente foi o número de detecções visuais totais no bloco durante as oito campanhas realizadas nos quatro anos de PMC-BS (**Figura V.2-20** e **Figura V.2-21**).

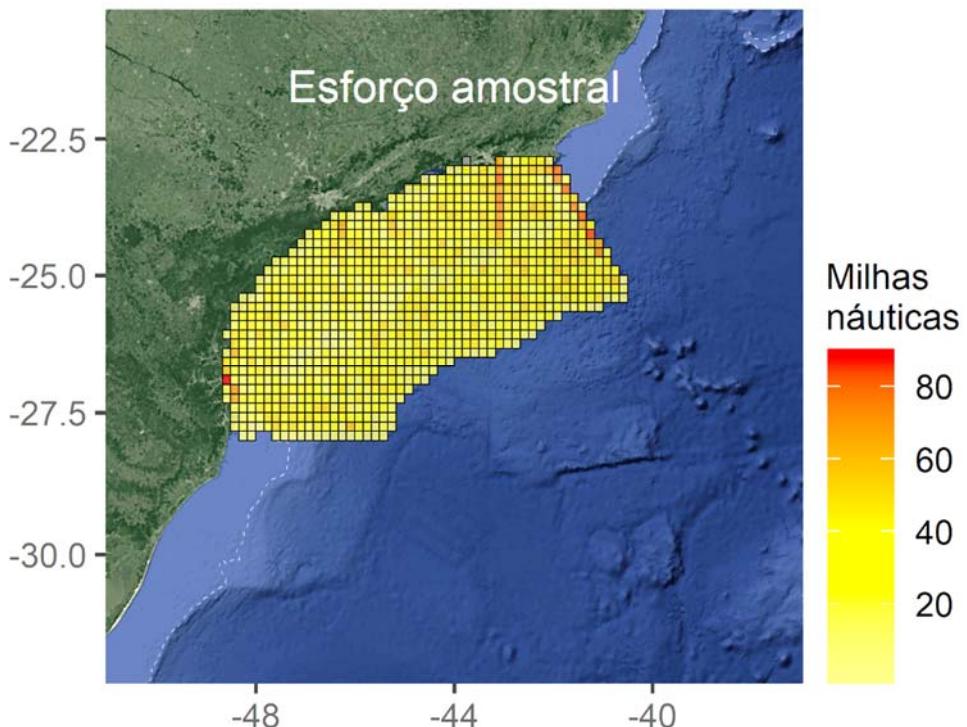
O número de detecções foi corrigido pelo esforço amostral em milhas náuticas navegadas (**Figura V.2-22**). O esforço amostral nos quadrantes considerados para modelagem, após a eliminação dos quadrantes com menos de cinco milhas náuticas percorridas, variou entre 5,2 e 88,4 milhas náuticas (média =  $24,1 \pm 10,4$ ). Este esforço foi transformado pelo logaritmo natural do somatório total de rotas navegadas dentro do bloco e incluído como um termo *offset* nos modelos. Este termo implica na modelagem das taxas de encontro, ou avistagem por unidade de esforço.



**Figura V.2-20:** Número de detecções visuais de grupos de mysticetes durante Campanhas de Avistagem Embarcada nos blocos de análise para modelagem da distribuição na Bacia de Santos.



**Figura V.2-21:** Número de detecções visuais de grupos de odontocetes durante Campanhas de Avistagem Embarcada nos blocos de análise para modelagem da distribuição na Bacia de Santos.



**Figura V.2-22:** Milhas náuticas navegadas em esforço nos blocos de análise para modelagem da distribuição de cetáceos na Bacia de Santos.

Os dados foram analisados usando Modelos Generalizados Lineares (GLM) com distribuição de erros Binomial Negativa (MCCULLAGH & NELDER, 1989). Em função da grande quantidade de quadrantes com nenhuma detecção (67,8% de zeros para odontocetos e 81,3% de zeros para os misticetos), optou-se por uma distribuição que assume sobre-dispersão dos dados, como a distribuição Binomial Negativa.

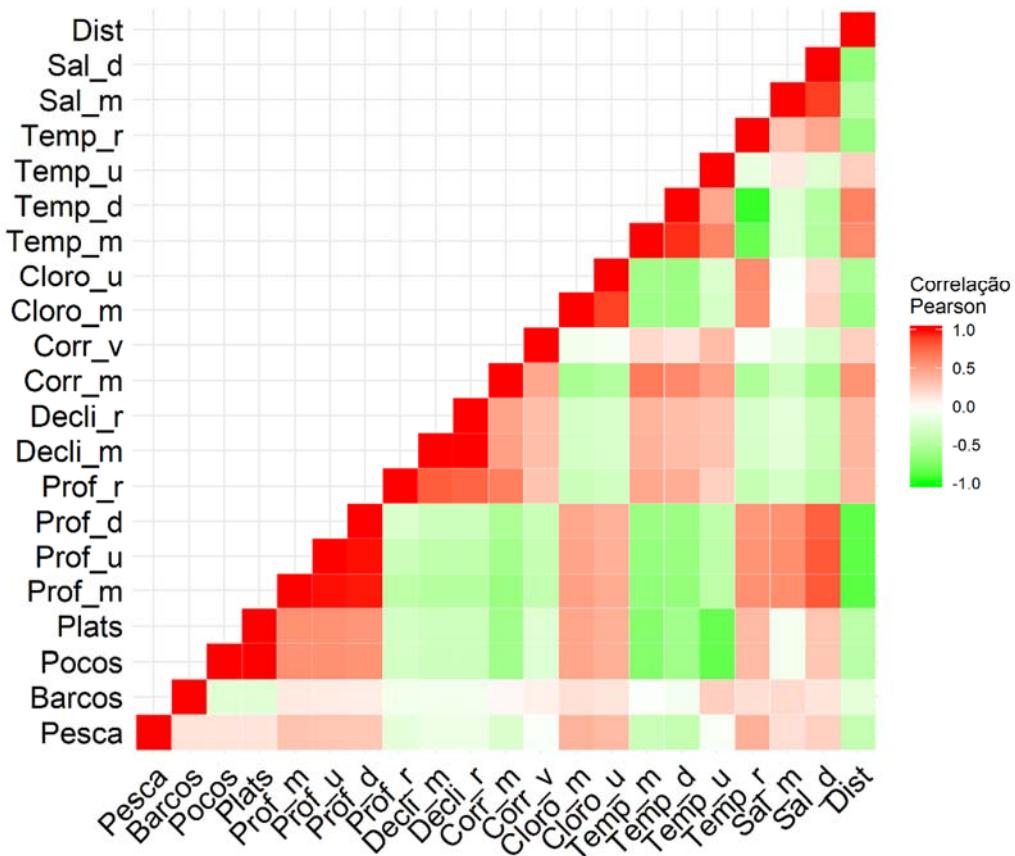
Foram consideradas 22 variáveis explanatórias conforme descrição na **Tabela V.2-5**. As variáveis foram avaliadas aos pares quanto à sua correlação, pois a colinearidade (correlação entre variáveis explanatórias) pode ser um problema para os GLM (ZUUR et al., 2007). Algumas variáveis explanatórias estavam fortemente correlacionadas, tanto positivamente quanto negativamente (**Figura V.2-23**). As variáveis correlacionadas não foram incluídas em um mesmo modelo.

Considerando a grande quantidade de zeros, inicialmente optou-se por construir modelos mais simples, contendo apenas uma variável. A partir dos

melhores modelos com uma variável foi adicionada uma segunda variável adicional, ou mais variáveis quando pertinente. Além da definição *a priori* da correlação entre variáveis, e não inclusão de variáveis altamente correlacionadas em um mesmo modelo, após a construção do modelo foi avaliado o fator de inflação da variância (VIF) como diagnóstico *a posteriori* de colinearidade. Foram excluídos modelos que tivessem alguma variável com VIF maior que 2,5. O melhor modelo foi escolhido com base no menor valor de AIC, que reflete o bom ajuste do modelo aos dados e penaliza pelo número de parâmetros do modelo (BURNHAM & ANDERSON, 2002).

**Tabela V.2-5:** Variáveis consideradas na modelagem de habitat dos cetáceos na Bacia de Santos.

Abreviação	Variável
Prof_m	Profundidade média (em metros)
Prof_u	Profundidade máxima (em metros)
Prof_d	Profundidade mínima (em metros)
Prof_r	Variação da profundidade (em metros)
Decli_m	Declividade média (em graus)
Decli_r	Variação da declividade (em graus)
Dist	Distância da costa (em quilômetros)
Corr_m	Velocidade média da corrente (em m/s)
Corr_v	Variabilidade (desvio padrão) da velocidade da corrente (em m/s)
Temp_m	Temperatura média da superfície (em graus Celsius)
Temp_u	Temperatura máxima (em graus Celsius)
Temp_d	Temperatura mínima (em graus Celsius)
Temp_r	Variação da temperatura (em graus Celsius)
Sal_m	Salinidade média (psu)
Sal_d	Salinidade mínima (psu)
Clor_m	Clorofila a média (mg/m <sup>3</sup> )
Clor_u	Clorofila a máxima (mg/m <sup>3</sup> )
Plats	Distância da unidade de produção de óleo e gás do Pré-Sal
Barcos	Intensidade do tráfego de embarcações (em metros navegados no quadrante)
Pesca	Intensidade de atividades de pesca (em número de registros no quadrante corrigidos pelo esforço amostral)
SPL_63	Intensidade de ruído (SPL) na faixa de frequência de 63 Hz a 100 m
SPL_125	Intensidade de ruído (SPL) na faixa de frequência de 125 Hz a 100 m



**Figura V.2-23:** Correlação entre as variáveis explanatórias consideradas na modelagem de uso de habitat.

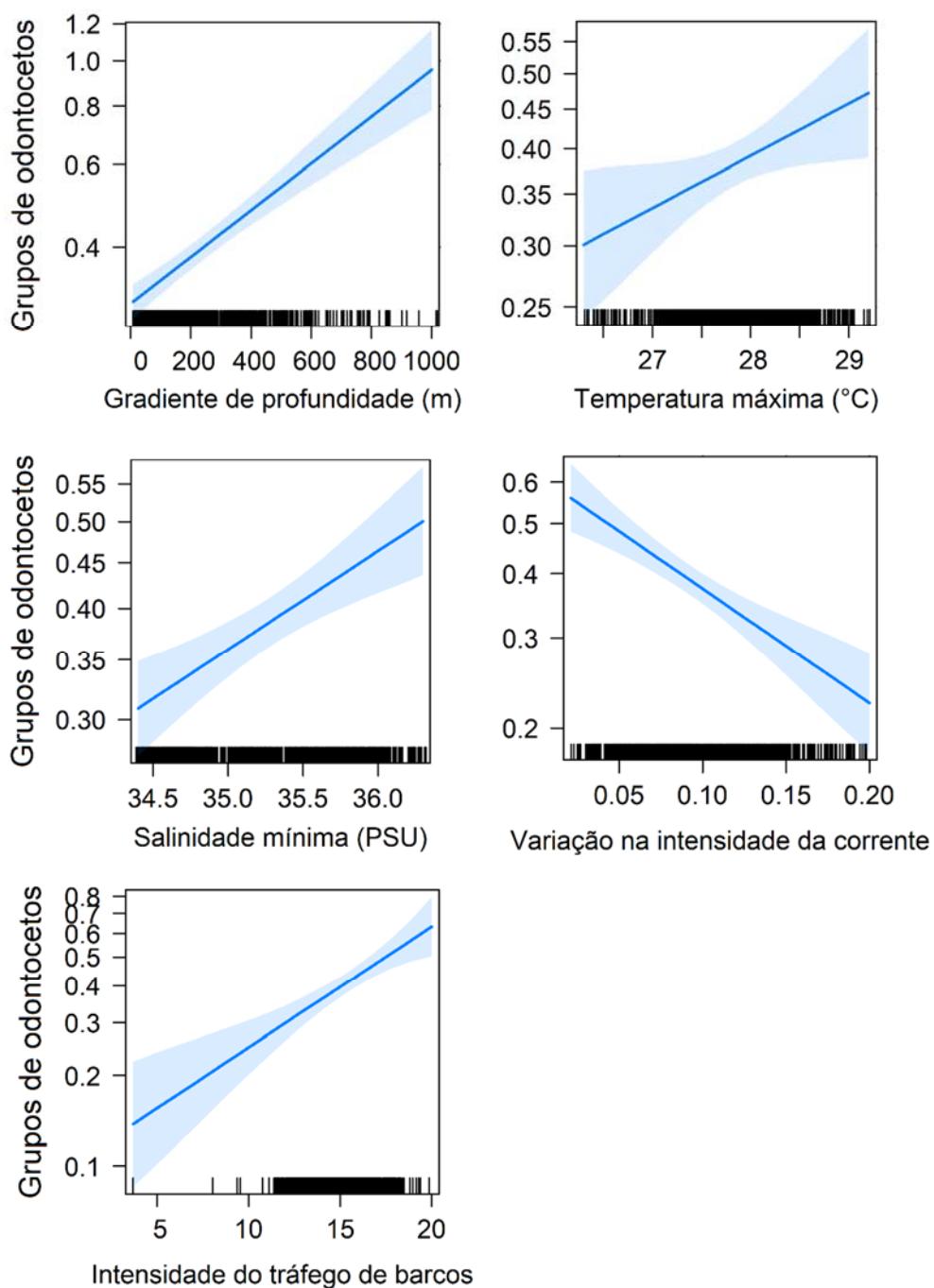
#### Modelagem de habitat

Foram construídos 35 modelos considerando o número de grupos de odontocetos detectados na Bacia de Santos em função de diferentes variáveis explanatórias (Tabela V.2-6). O melhor modelo levou em consideração cinco variáveis: gradiente de profundidade, temperatura máxima da água na superfície, salinidade mínima, variabilidade na intensidade das correntes e intensidade do tráfego de embarcações. Todos os coeficientes de regressão do modelo foram significativos, indicando que todas as variáveis contribuem para explicar o número de registros de odontocetos nos quadrantes/blocos de análise. As previsões do melhor modelo para as relações entre o número de registros de

odontocetos em função de cada variável considerada estão descritas na **Figura V.2-24**.

**Tabela V.2-6:** Modelos Generalizados Lineares (GLM) considerando os efeitos de variáveis ambientais e antrópicas no número de detecções de odontocetos observados durante o PMC na Bacia de Santos.

Modelo	k	AICc	Delta AICc	Peso AICc
Prof_r + Temp_u + Sal_d + Corr_v + Barcos	7	4364,5	0	0,77
Prof_r + Sal_d + Corr_v + Barcos + Pesca	7	4366,9	2,4	0,23
Prof_r + Temp_u + Corr_v	5	4411,9	47,4	0,00
Prof_r + Sal_d	4	4419,7	55,2	0,00
Dist + Temp_u + Corr_v	5	4421,1	56,6	0,00
Dist + Temp_u + Corr_v	5	4421,1	56,6	0,00
Prof_d + Temp_u	4	4421,2	56,7	0,00
Dist + Temp_u + Sal_d + Corr_v + Barcos	7	4421,9	57,4	0,00
Prof_r + Corr_v	4	4430,7	66,2	0,00
Dist + Temp_u	4	4440,4	75,9	0,00
Barcos	3	4451,4	86,9	0,00
Dist + Corr_v	4	4457,7	93,2	0,00
Prof_d	3	4459,8	95,3	0,00
Prof_r + Temp_u	4	4460,4	95,9	0,00
Dist	3	4462,2	97,7	0,00
Dist + Sal_d	4	4463,5	99,0	0,00
Prof_r	3	4463,7	99,2	0,00
Prof_r + Temp_m	4	4464,3	99,8	0,00
Prof_u	3	4467,2	102,7	0,00
Sal_m	3	4472,3	107,8	0,00
Sal_d	3	4474,6	110,1	0,00
Prof_m	3	4475,9	111,4	0,00
Corr_v	3	4477,8	113,3	0,00
Temp_u	3	4480,9	116,4	0,00
Decli_m	3	4482,2	117,7	0,00
Decli_r	3	4483,6	119,1	0,00
Plats	3	4489,4	124,9	0,00
Corr_m	3	4489,7	125,2	0,00
Nulo	2	4490,8	126,3	0,00
Temp_m	3	4491,3	126,8	0,00
Temp_r	3	4492,3	127,8	0,00
Cloro_m	3	4492,5	127,9	0,00
Cloro_u	3	4492,6	128,1	0,00
Temp_d	3	4492,6	128,1	0,00
Pesca	3	4492,8	128,3	0,00



**Figura V.2-24:** Previsões do melhor GLM para o número de detecções de odontocetos em blocos de análise na Bacia de Santos durante as Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC.

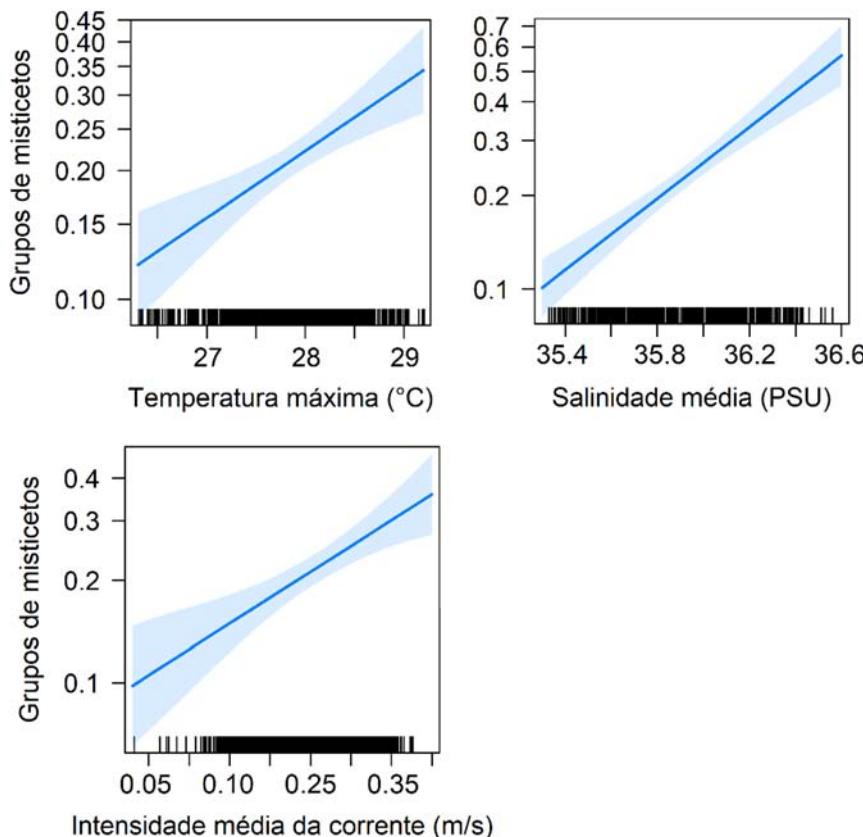
Para os misticetos, foram construídos 30 modelos, sendo que o melhor deles considerou a temperatura máxima, a salinidade média e a intensidade média das correntes como variáveis explanatórias (Tabela V.2-7). O modelo que

considerou a temperatura máxima, salinidade média e o gradiente de profundidade também teve suporte de acordo com o AIC (Delta AIC < 2). As previsões do melhor modelo para os efeitos das variáveis explanatórias sobre os registros de misticetos corrigidos pelo esforço amostral estão descritos na **Figura V.2-25**.

**Tabela V.2-7:** Modelos Generalizados Lineares (GLM) considerando os efeitos de variáveis ambientais e antrópicas no número de detecções de misticetos observados durante o PMC na Baía de Santos.

Modelo	k	AICc	Delta AICc	Peso AICc
Temp_u + Sal_m + Corr_m	5	3141,0	0	0,61
Temp_u + Sal_m + Prof_r	5	3141,9	0,9	0,38
Temp_u + Sal_m + Dist	5	3150,9	9,9	0,00
Temp_u + Sal_m + Plats	5	3150,9	9,9	0,00
Temp_u + Sal_m + Barcos	5	3153,4	12,4	0,00
Temp_u + Sal_m	4	3153,9	12,9	0,00
Plats + Sal_m	4	3184,7	43,7	0,00
Barcos + Temp_u	4	3187,4	46,4	0,00
Barcos + Sal_m	4	3189,8	48,8	0,00
Sal_m	3	3201,6	60,6	0,00
Temp_u	3	3205,8	64,8	0,00
Barcos	3	3222,6	81,6	0,00
Sal_d	3	3238,3	97,3	0,00
Plats	3	3244,6	103,6	0,00
Dist	3	3248,7	107,7	0,00
Prof_d	3	3252,9	111,8	0,00
Corr_m	3	3253,9	113,0	0,00
Prof_u	3	3256,0	115,0	0,00
Corr_v	3	3257,8	116,8	0,00
Decli_m	3	3257,9	116,9	0,00
Decli_r	3	3258,2	117,2	0,00
Prof_r	3	3258,4	117,4	0,00
Prof_m	3	3259,3	118,3	0,00
Temp_r	3	3261,9	120,9	0,00
Pesca	3	3265,4	124,4	0,00
Nulo	2	3265,7	124,7	0,00
Cloro_u	3	3267,6	126,6	0,00

Modelo	k	AICc	Delta AICc	Peso AICc
Temp_m	3	3267,7	126,7	0,00
Temp_d	3	3267,7	126,7	0,00
Cloro_m	3	3267,7	126,7	0,00



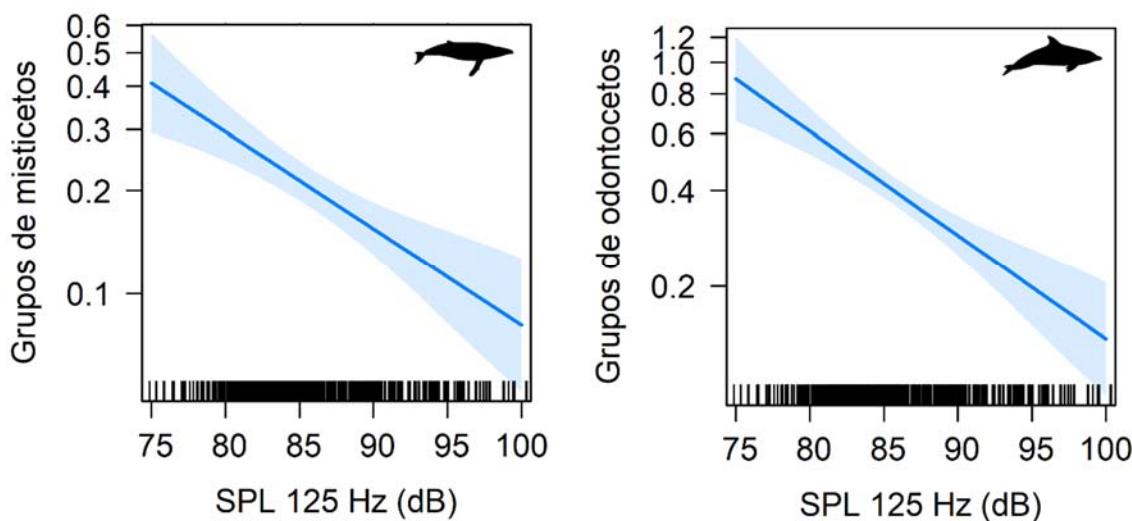
**Figura V.2-25:** Previsões do melhor GLM para o número de detecções de misticetos em blocos de análise na Bacia de Santos durante as Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC.

Para investigar um potencial efeito dos ruídos nas faixas de 63 e 125 Hz na distribuição de misticetos e odontocetos foi necessário realizar um recorte da área de estudo. Este recorte foi feito para ajustar a área de estudo à região onde haviam dados disponíveis coletados pelos perfiladores acústicos e gliders.

Foram ajustados cinco modelos aos dados de detecções de grupos de odontocetos e misticetos nos blocos de análise: (a) modelo nulo; (b) modelo com

SPL 63 Hz; (c) modelo com SPL 125 Hz; (d) modelo com variáveis escolhidas para toda a Bacia de Santos (ver acima); (e) modelo com variáveis escolhidas para toda a Bacia de Santos adicionando a intensidade de ruído a 63 Hz; (f) modelo com variáveis escolhidas para toda a Bacia de Santos adicionando a intensidade de ruído a 125 Hz.

Os resultados apontam para uma influência das duas variáveis relacionadas aos ruídos antropogênicos sobre a frequência de detecções de misticetos e odontocetos. Os modelos que incluíram os ruídos tiveram maior suporte pelo AIC do que os modelos sem estas variáveis. Portanto, a inclusão das variáveis relacionadas aos ruídos melhoraram substancialmente o ajuste dos modelos aos dados. Os melhores modelos para misticetos e odontocetos incluíram as variáveis identificadas anteriormente como importantes para toda a Bacia de Santos (Misticetos: temperatura máxima, salinidade média e intensidade média de correntes; Odontocetos: gradiente de profundidade, temperatura máxima, salinidade mínima, variabilidade na intensidade de correntes e intensidade do tráfego de embarcações) e os ruídos em 63 Hz ou 125 Hz. Como os ruídos nestas duas frequências estão altamente correlacionados, optou-se por mostrar os resultados referentes aos modelos que se ajustaram melhor aos dados (125 Hz). As previsões dos modelos para misticetos e odontocetos se mantiveram similares para as variáveis descritas anteriormente. Para os ruídos, as previsões indicam uma menor frequência de uso para blocos com maior intensidade de ruídos tanto para misticetos quanto para odontocetos (Misticetos:  $\text{Beta}_{\text{SPL\_125}} = -0,065 \pm 0,015$ ;  $z = -4,29$ ;  $p < 0,05$ ; Odontocetos:  $\text{Beta}_{\text{SPL\_125}} = -0,075 \pm 0,014$ ;  $z = -5,34$ ;  $p < 0,05$ ) (**Figura V.2-26**).



**Figura V.2-26:** Previsões dos modelos GLM sobre relação do nível de pressão sonora (SPL) a frequência de 125 Hz (em dB) a 100 metros de profundidade sobre a frequência de detecções de misticetos e odontocetos na Bacia de Santos.

### V.2.2 Movimentos

O movimento de um organismo é definido como a mudança na sua localização espacial ao longo do tempo. Esta dinâmica está diretamente relacionada ao ciclo de vida das espécies, a busca dos recursos necessários à sobrevivência e a estrutura e dinâmica de populações, comunidades e ecossistemas (NATHAN et al., 2008). Atividades antrópicas, no entanto, podem afetar os padrões de movimentação dos indivíduos. Portanto, a geração de subsídios necessários ao direcionamento das ações de mitigação está vinculada diretamente à compreensão desse ciclo de vida. O uso combinado de duas abordagens pelo PMC-BS, a Telemetria Satelital e a Fotoidentificação, potencializou a descrição de movimentos de diferentes espécies de cetáceos na Bacia de Santos. Os transmissores satelitais geram dados detalhados sobre o movimento dos indivíduos ao longo do tempo, mas sua durabilidade e dificuldade em realizar marcações podem ser uma limitação. A fotoidentificação, por sua vez, embora não ofereça um detalhamento do movimento, pode complementar, produzindo dados de uso de determinadas áreas, padrões de fidelidade a uma área, e mesmo movimentos entre áreas, em uma escala temporal maior. Abaixo,

de forma integrada, os resultados de movimentos obtidos pelas duas abordagens são apresentados.

### Fotoidentificação

Ao longo de todos os oito ciclos do PMC-BS ocorreram 84 reavistagens (*matchs*) de indivíduos e duas reavistagens de grupos de indivíduos — totalizando 127 reavistagens — para 12 espécies de cetáceos na Bacia de Santos (**Tabela V.2-8**).

**Tabela V.2-8:** Número cumulativo por ano de *matchs* de fotoidentificação por espécie, para as espécies com reavistagens durante o PMC-BS.

Ano	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano
<i>Balaenoptera physalus</i>	0	1	1	1
<i>Balaenoptera borealis</i>	0	0	1	1
<i>Balaenoptera brydei</i>	0	2	3	5
<i>Megaptera novaeangliae</i>	0	0	1	1
<i>Orcinus orca</i>	0	0	0	4
<i>Peponocephala electra</i>	0	0	27	43
<i>Feresa attenuata</i>	0	0	0	4
<i>Grampus griseus</i>	0	0	0	2
<i>Sotalia guianensis</i>	0	1	1	1
<i>Steno bredanensis</i>	0	3	8	36
<i>Stenella frontalis</i>	0	0	1	14
<i>Tursiops truncatus</i>	1	7	9	15
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>52</b>	<b>127</b>

### Telemetria satelital

Ao longo de todos os oito ciclos do PMC-BS registraram-se informações de 45 indivíduos de 11 espécies de cetáceos, que permitiram avaliar a movimentação das espécies e uso de habitat na Bacia de Santos (**Tabela V.2-9** e **Tabela V.2-10**). Desses, 16 foram sexados geneticamente e um gênero (*Globicephala*) foi identificado em nível de espécie por meio de amostras coletadas por biópsia para outros indivíduos do mesmo grupo. Não foi possível

realizar a biópsia em alguns indivíduos, o que impossibilitou a sexagem genética para eles.

O tempo de transmissão foi variável em função da qualidade da marcação, assim como do comportamento da espécie. Os maiores movimentos foram observados para os misticetos e para o cachalote, chegando a 5.162 km para uma baleia-jubarte (**Tabela V.2-10**).

**Tabela V.2-9:** Informações sobre os indivíduos marcados com sucesso com transmissores satelitais nas Campanhas de Telemetria do PMC-BS. PTT = número de identificação do transmissor no sistema Argos (Platform Transmitter Terminal);  $D_{marcação}$  = data de marcação do indivíduo;  $P_{total}$  = total de pontos de localização recebidos;  $P_{filtro}$  = total de pontos resultantes após a filtragem;  $\%_{pt\_filtro}$  = percentual de pontos restantes após a utilização do filtro;  $D_{total}$  = distância percorrida pelo indivíduo desde a data de marcação até o último ponto registrado, em km;  $D_{média}$  = distância média percorrida por dia em km.

PTT	Espécie	$D_{marcação}$	Dias	$P_{total}$	$P_{filtro}$	$\%_{pt\_filtro}$	$D_{total}$	$D_{média}$	Sexo
<b>Família Balaenopteridae</b>									
158549	<i>B. physalus</i> *	27/08/2016	2	7		Sem dados após filtro			--
158546	<i>B. borealis</i>	25/08/2016	6	87	66	75,9	338,9	56,5	--
162629	<i>B. borealis</i>	31/08/2016	7	34	7	20,6	452,9	64,7	Macho
162630	<i>B. borealis</i>	01/09/2016	38	409	305	74,6	3.533,1	92,9	--
34638	<i>B. borealis</i>	06/08/2018	39	304	192	63,1	2.856,4	73,2	--
34755	<i>B. borealis</i>	07/08/2018	12	131	97	74,1	941,6	78,5	--
58003	<i>B. borealis</i> *	07/08/2018	4	11		Sem dados após filtro			--
58005	<i>B. borealis</i>	08/08/2018	59	894	81	9,1	3.742,8	63,4	Macho
166662	<i>B. brydei</i>	25/07/2017	28	107	69	64,5	1.111,1	39,7	--
34775	<i>B. brydei</i>	13/11/2017	2	9	7	77,8	34,3	17,1	Fêmea
58004	<i>B. brydei</i>	01/08/2018	4	39	27	69,2	193,8	48,4	Macho
166666	<i>B. bonaerensis</i>	13/07/2017	18	174	72	41,4	1.845,9	102,5	Macho
158542	<i>M. novaeangliae</i>	10/08/2016	19	296	282	95,3	462,1	24,3	Macho
158553	<i>M. novaeangliae</i>	20/08/2016	15	187	141	75,4	1.501,2	100,1	--

PTT	Espécie	D <sub>marcação</sub>	Dias	P <sub>total</sub>	P <sub>filtro</sub>	%pt_filtr o	D <sub>total</sub>	D <sub>média</sub>	Sexo
158554	<i>M. novaeangliae</i>	21/08/2016	3	11	7	63,6	38,9	12,9	--
158556	<i>M. novaeangliae</i>	02/09/2016	9	66	59	89,4	117,12	13,0	Fêmea
34588	<i>M. novaeangliae</i>	20/07/2017	54	697	591	84,8	5.162,7	95,6	Fêmea
34686	<i>M. novaeangliae</i>	23/07/2017	36	409	330	80,7	2.753,5	76,5	--
34722	<i>M. novaeangliae</i>	26/07/2018	51	631	544	6,2	3.866,9	75,8	Macho
34738	<i>M. novaeangliae</i>	29/07/2018	4	12	4	33,3	113,8	28,4	--
<b>Família Physeteridae</b>									
34732	<i>P. macrocephalus</i>	20/11/2017	60	368	308	83,7	3.786,1	63,1	--
34746	<i>P. macrocephalus</i>	20/11/2017	3	6	2	33,3	4,9	1,6	--
34792	<i>P. macrocephalus</i>	20/11/2017	4	22	11	50	301,9	75,5	--
<b>Família Delphinidae</b>									
158547	<i>O. orca</i>	30/08/2016	3	36	30	83,3	147,3	49,1	Macho
162628	<i>O. orca</i>	30/08/2016	13	170	145	85,3	682,4	52,5	Macho
162633	<i>O. orca</i>	30/07/2017	33	555	490	88,3	2.692,5	81,6	Macho
58014	<i>O. orca</i>	06/08/2018	11	149	105	70,5	634,5	57,7	--
58013	<i>O. orca</i>	07/08/2018	14	200	167	83,5	634,8	45,3	Macho
58016	<i>G. macrorhynchus</i>	24/01/2019	32	467	335	71,7	2.746,1	85,8	--
34756	<i>P. electra</i>	06/04/2018	6	40	19	47,5	238,8	39,8	--
34773	<i>P. electra</i>	06/04/2018	7	55	13	23,6	267,5	38,2	--

PTT	Espécie	D <sub>marcação</sub>	Dias	P <sub>total</sub>	P <sub>filtro</sub>	%pt_filtr o	D <sub>total</sub>	D <sub>média</sub>	Sexo
58010	<i>G. griseus</i>	08/02/2019	6	76	57	75	268,6	44,8	--
58015	<i>S. bredanensis</i>	31/07/2018	7	114	57	50	1.000,1	142,9	Macho
158551	<i>T. truncatus</i>	25/02/2016	8	68	54	79,4	503,2	62,9	--
158544	<i>T. truncatus</i>	17/03/2016	13	108	89	82,4	918,9	70,7	--
162631	<i>T. truncatus</i>	06/09/2016	4	9	3	33,3	64,72	16,2	--
162634	<i>T. truncatus</i>	14/02/2017	4	44	24	54,5	158,7	39,7	Fêmea
162632	<i>T. truncatus</i>	24/02/2017	7	74	56	75,7	515,7	73,7	Fêmea
162637	<i>T. truncatus</i>	24/02/2017	10	125	105	84	665,9	66,6	--
166663	<i>T. truncatus</i>	20/07/2017	14	120	94	78,3	565,9	40,4	--
166665	<i>T. truncatus</i>	30/03/2018	12	39	19	48,7	361,4	30,1	--
34751	<i>T. truncatus</i>	30/03/2018	20	316	264	83,5	1.357,5	68,9	--
34754	<i>T. truncatus</i>	03/04/2018	2	11	5	45,4	14,1	7,1	--
58017	<i>T. truncatus</i>	28/07/2018	12	195	154	78,9	1.237,7	103,1	--
162636	<i>T. truncatus</i>	28/07/2018	15	205	114	55,6	1.810,1	120,7	--

\* Indivíduos para os quais foram obtidos poucos dados, não restando informação após o uso do filtro.

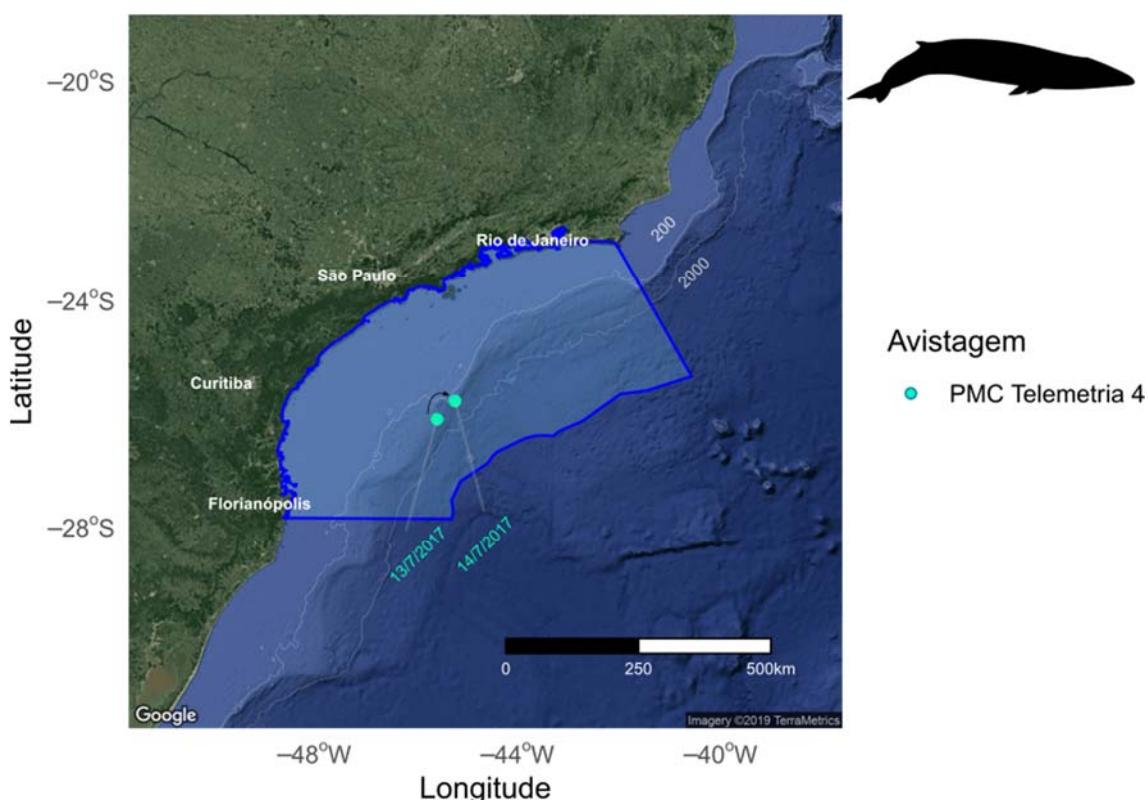
**Tabela V.2-10:** Características dos movimentos das espécies marcadas com transmissores satelitais ao longo dos quatro anos de PMC-BS, considerando os indivíduos para os quais foram obtidas informações. Média  $\pm$  Desvio padrão (Mínimo – Máximo). Faixa latitudinal mínimo e máximo em graus decimais.

Espécie	Nº tags	Posições	Dias de transmissão	Distância média percorrida (km/dia)	Faixa latitudinal (graus decimais)
<i>Balaenoptera physalus</i>	1	-	-	-	-
<i>Balaenoptera borealis</i>	7	749	23,6 $\pm$ 21,6 (4 – 59)	71,5 $\pm$ 13 (56,5 – 92,9)	22,9 a 34,4°S
<i>Balaenoptera brydei</i>	3	103	11,3 $\pm$ 14,5 (2 – 28)	35,1 $\pm$ 16,1 (17,1 – 48,4)	22,6 a 25,6°S
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	1	72	18	102,5	12,9 a 26,8°S
<i>Megaptera novaeangliae</i>	8	1.958	25,4 $\pm$ 19,2 (3 – 54)	53,3 $\pm$ 37,3 (13 – 100,1)	18,2 a 53,1°S
<i>Physeter macrocephalus</i>	3	319	22,3 $\pm$ 32,6 (3 e 60)	46,7 $\pm$ 39,6 (1,6 – 75,5)	27,4 a 32,6°S
<i>Orcinus orca</i>	5	937	14,8 $\pm$ 11,1 (3 – 33)	57,2 $\pm$ 14,4 (45,3 – 81,6)	25,2 a 36,3°S
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	1	335	32	85,8	20,8 a 26,1°S
<i>Peponocephala electra</i>	2	32	6 e 7	39 (38,2 – 39,8)	24,2 a 25,0°S
<i>Grampus griseus</i>	1	57	6	44,8	27,5 a 28,8°S
<i>Steno bredanensis</i>	1	57	7	142,9	22,9 a 23,9°S
<i>Tursiops truncatus</i>	12	981	10 $\pm$ 5,2 (4 – 20)	58,3 $\pm$ 33,5 (7 – 120,7)	22,2 a 31,1°S
<b>TOTAL</b>	<b>44</b>	<b>5.600</b>	<b>728</b>	--	-

## Família Balaenopteridae

### Movimentos de *Balaenoptera physalus*

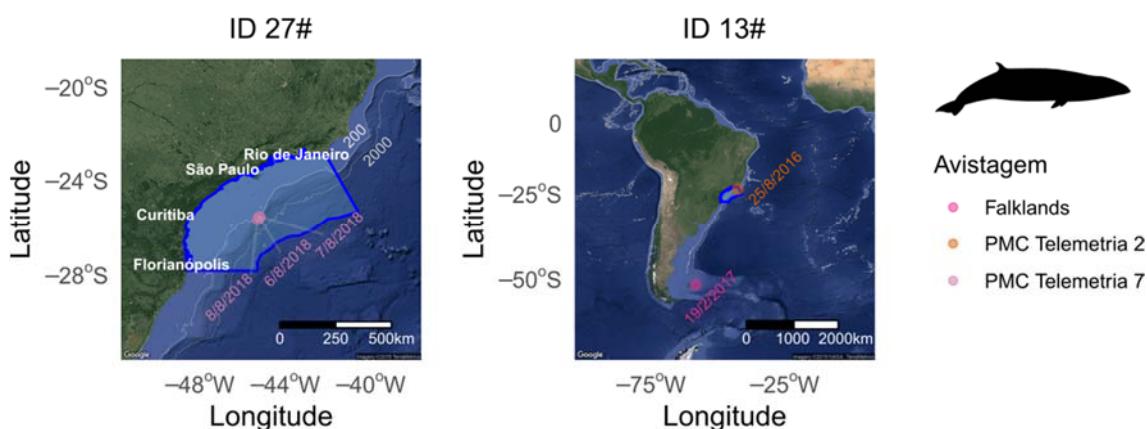
Um indivíduo de *Balaenoptera physalus* foi fotoidentificado em dias subsequentes ao longo da 4ª Campanha de Telemetria (**Figura V.2-27**). Entre avistagens, o indivíduo fez um deslocamento ao norte de aproximadamente 100 km acompanhando a linha do talude. Pouco se sabe sobre padrões de movimento da baleia-fin no Atlântico Sul, embora migrações entre áreas reprodutivas e de alimentação são uma característica da espécie (JEFFERSON et al., 2015). Apenas um indivíduo da espécie foi marcado com transmissor satelital, mas a duração do monitoramento foi de apenas dois dias e nenhuma posição permaneceu após a filtragem dos dados. Novos registros são necessários para se discutir qualquer padrão de movimento.



**Figura V.2-27:** Localizações das reavistagens do indivíduo 05# de *Balaenoptera physalus* durante o PMC-BS.

## Movimentos de *Balaenoptera borealis*

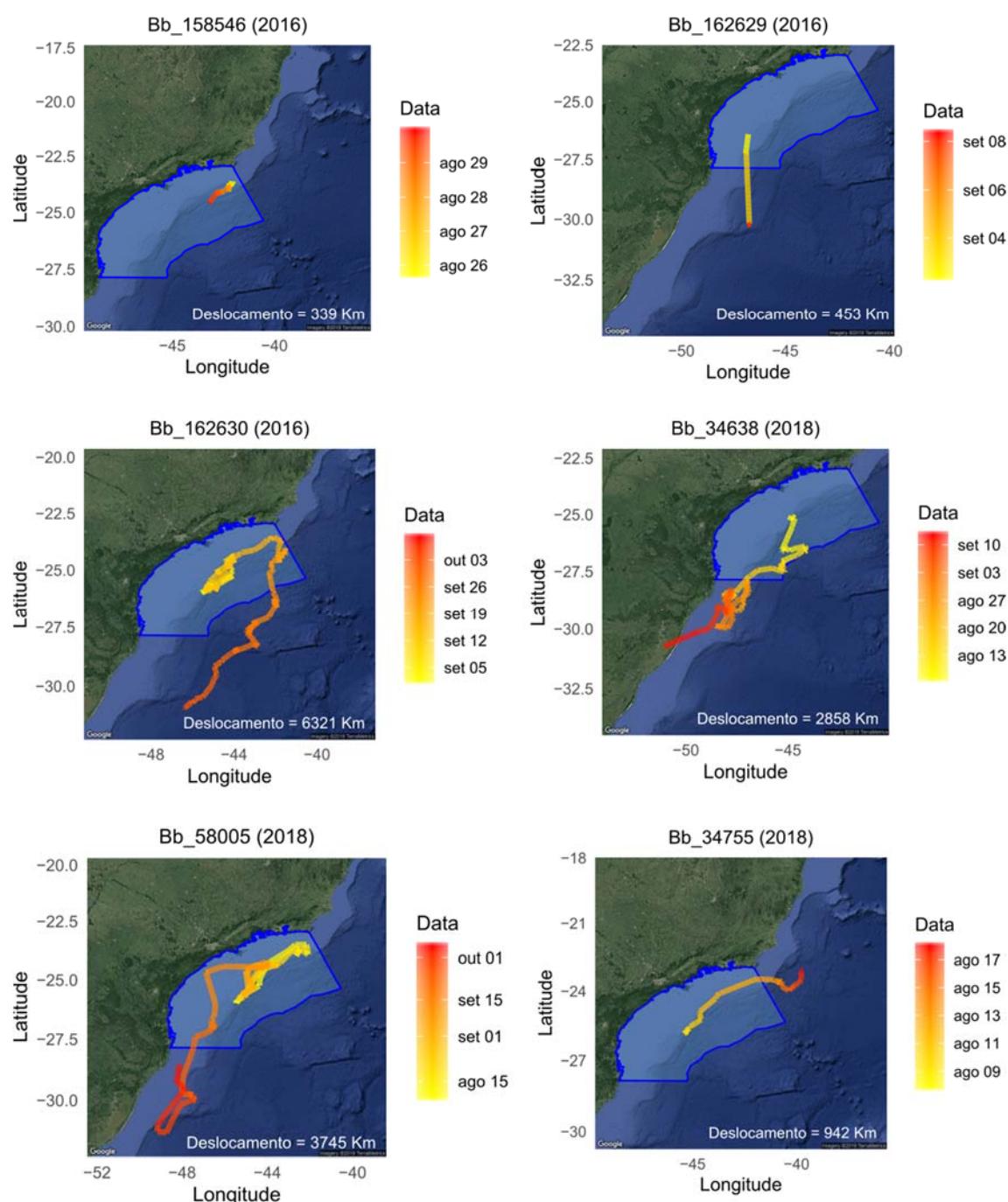
A comparação do catálogo da baleia-sei do PMC-BS com o catálogo das Ilhas Malvinas/Falklands (Responsável pela comparação: Dra. Caroline Weir, Falklands Conservation) permitiu a identificação de um *match*. O indivíduo 13# do PMC-BS, registrado em 25/08/2016, foi detectado próximo das Ilhas Malvinas em 19/02/2017, representando um deslocamento linear de aproximadamente 3.500 km (**Figura V.2-28**). Um segundo match de *Balaenoptera borealis*, indivíduo 27#, foi registrado ao longo de três dias subsequentes, de 06/08/2018 a 08/08/2018, na 7<sup>a</sup> Campanha de Telemetria (**Figura V.2-28**). O registro ocorreu na região do talude e coincide com a área de maior número de detecções da espécie pelo PMC-BS.



**Figura V.2-28:** Localizações das reavistagens de *Balaenoptera borealis* durante o PMC-BS.

No total, foram marcadas sete baleias-sei na região do talude com transmissores do tipo LIMPET, com três na 2<sup>a</sup> Campanha de Telemetria e quatro na 7<sup>a</sup> Campanha de Telemetria, ambas realizadas no inverno. Foi possível fazer a sexagem genética de dois indivíduos identificados como machos. Os indivíduos marcados apresentaram grande variabilidade nos movimentos, apesar de que o tempo reduzido de permanência de quatro transmissores não permite nenhuma conclusão. Três indivíduos foram monitorados por um período mais prolongado, entre 38 e 59 dias (PTTs 162630, 34638 e 58005), com

marcação realizada em 01/09/2016, 06/08/2018 e 08/08/2018, respectivamente. O movimento de dois indivíduos foi mais direcional e longo (mais de 3.500 km), sugerindo uma migração para grandes latitudes, após um período de movimentação entre as latitudes 26º e 23º S. Uma das baleias (macho) iniciou o deslocamento ao sul sobre a plataforma continental (PTT 58005), enquanto a outra seguiu pela parte externa do talude (PTT 162630). A latitude mais ao sul registrada foi 34º S (**Figura V.2-29**). Os demais indivíduos foram monitorados por períodos curtos, de quatro a 12 dias, sendo que, para o PTT 58003, não restaram pontos após o uso do filtro. Os PTTs 158546, 162629 e 34755 movimentaram-se ao longo do talude.



**Figura V.2-29:** Movimentos de seis indivíduos de *Balaenoptera borealis* obtidos por transmissores satelitais nos invernos de 2016 e 2018 durante o PMC-BS.

A baleia-sei é tipicamente oceânica (OLSEN et al., 2009). Ela realiza migrações latitudinais, como a maioria dos misticetos (WEIR et al., 2001; JEFFERSON et al., 2015), permanecendo no verão em altas latitudes para

alimentação e no inverno em baixas latitudes para reprodução (HORWOOD, 1987). Enquanto as áreas de alimentação são bem conhecidas, as áreas de reprodução em águas tropicais/subtropicais permanecem pouco definidas (PRIETO, 2014). A espécie costuma ocupar a região oceânica, mas pode se aproximar da costa para se alimentar (SHILLING et al., 1992). No entanto, pouco se sabe sobre rotas migratórias para a espécie, pois os registros existentes são das atividades de caça, e não há registros de movimentos no Atlântico Sul.

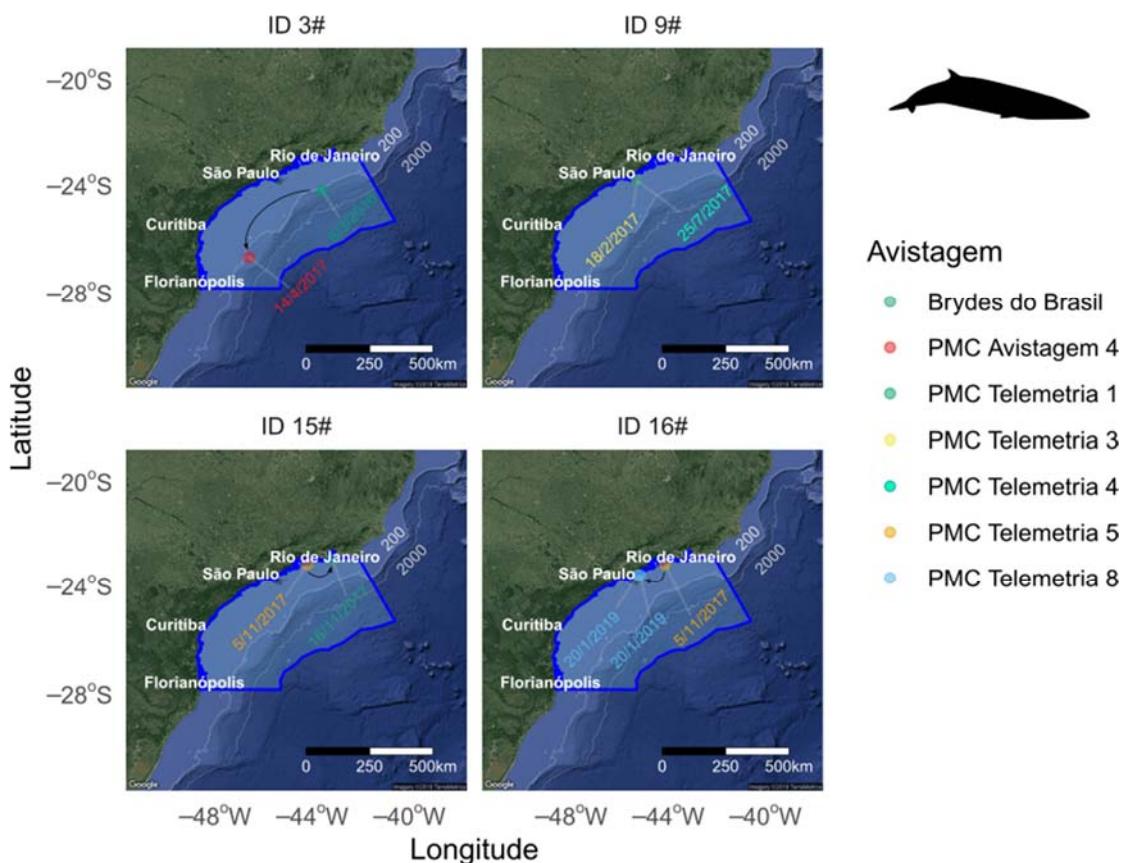
Os indivíduos marcados no presente trabalho tiveram seus movimentos monitorados entre os meses de agosto e outubro. A observação de um deslocamento em direção ao sul de três indivíduos pode indicar uma migração de retorno para as áreas de alimentação, em latitudes mais altas, onde a espécie provavelmente ocorre entre a primavera e o verão. O único trabalho realizado até o momento usando telemetria satelital com essa espécie ocorreu no Atlântico Norte e registrou uma migração de 4.102 km de distância na primavera, entre a Ilha Faial (Açores) e as águas produtivas do mar de Labrador, num intervalo de 43 dias (OLSEN et al., 2009). Não há informações sobre a ocorrência de áreas reprodutivas no Atlântico Sul Ocidental, mas a permanência de alguns indivíduos marcados e o grande número de registros realizados pelo PMC-BS em alguns pontos ao longo do talude continental da Bacia de Santos, incluindo agregações com mais de 30 indivíduos, sugere que a região possa constituir uma área reprodutiva.

Os dados aqui apresentados são muito relevantes, dada a escassez de informações sobre a espécie no Atlântico Sul (PRIETO, 2014). A reavistagem de um indivíduo identificado pelo PMC-BS nas Ilhas Malvinas representa o maior movimento linear já registrado para um único indivíduo da espécie e sugere o uso de águas de baixa latitude durante o inverno e alta latitude no verão.

### ***Movimentos de Balaenoptera brydei***

Foram realizadas duas reavistagens de *Balaenoptera brydei* pelo PMC-BS e uma via comparação de catálogos (**Figura V.2-30**). O indivíduo 03#, após a primeira avistagem nas proximidades do talude, foi reavistado 13 meses depois, 500 km ao sul, também nas proximidades do talude. O indivíduo 09# também foi

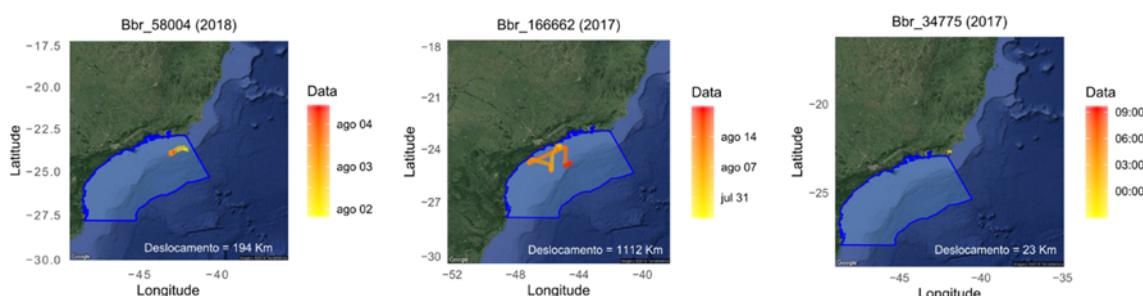
observado em duas oportunidades, porém em áreas costeiras, nas proximidades de Ilhabela (SP), com um intervalo de 5 meses entre cada observação, uma ocorrendo no verão e outra no inverno. O 3º *match* aconteceu pela comparação entre os catálogos de PMC e do Projeto Baleias e Golfinhos do Rio de Janeiro (PBGRJ). O indivíduo 15# foi inicialmente identificado pelo PMC-BS nas proximidades de Ilha Grande (RJ) e, posteriormente, em outras 13 oportunidades na mesma área pelo PBGRJ. No 4º ano, o indivíduo 16# foi reavistado pelo PMC-BS nas proximidades de Ilhabela (SP). O mesmo indivíduo foi registrado 14 meses antes pelo PMC-BS nas proximidades de Ilha Grande (RJ; **Figura V.2-30**).



**Figura V.2-30:** Localizações das reavistagens de *Balaenoptera brydei* durante o PMC-BS.

Três baleias-de-Bryde foram marcadas com transmissores na configuração LIMPET, todas no inverno. Dois indivíduos foram sexados geneticamente (PTTs

34775 e 58004). O deslocamento mais significativo corresponde ao indivíduo 09#, fotoidentificado em 18/02/2017. É uma baleia com sexo indeterminado, marcada em 25/07/2017 próximo a Ilhabela (SP) (PTT 166662). Ela fez o deslocamento mais longo obtido para a espécie até o momento no PMC-BS, totalizando 28 dias entre o final de julho e o final de agosto (inverno). Durante todo o tempo, o animal percorreu 1.111,1 km, com uma média de 39,7 km/dia (**Figura V.2-31**). O animal permaneceu por 12 dias junto à Baía de Castelhanos (Ilhabela), deslocando-se depois pela plataforma continental até perto de Peruíbe (SP), e depois atingindo regiões mais profundas (até mais de 600 metros de profundidade) e afastadas da costa (quase 130 km; **Figura V.2-31**). Importante ressaltar que no decorrer desse ínterim, ele permaneceu sempre na Bacia de Santos. Outros dois indivíduos (PTT 58004 e 34755) transmitiram somente dois e quatro dias, respectivamente, fornecendo dados pouco conclusivos.



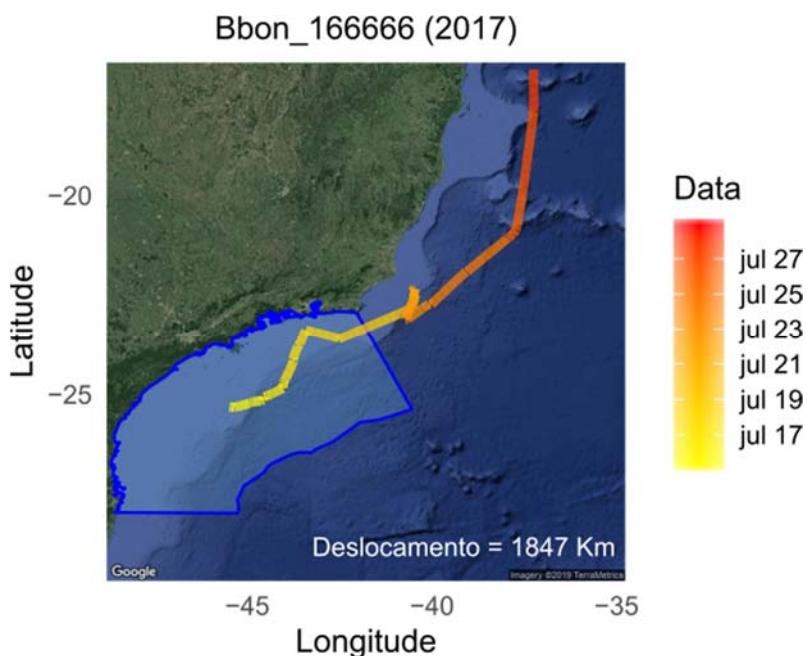
**Figura V.2-31:** Movimentos de três indivíduos de *Balaenoptera brydei* detectados por transmissores satelitais entre 2017 e 2018 durante o PMC-BS.

A baleia-de-Bryde não é uma espécie migratória e as evidências indicam que permanece em águas tropicais e temperadas ao longo do ano (KATO & PERRIN, 2008). A espécie já foi registrada na costa sul, sudeste e nordeste do Brasil e há evidências de que as águas brasileiras sejam utilizadas tanto para reprodução como para alimentação (SICILIANO et al., 2004; LIMA et al., 2006; ANDRIOLI et al., 2010). Registros mais recentes na costa nordeste são raros e reportam animais tanto na região costeira como oceânica (ANDRIOLI et al., 2010).

A utilização de áreas costeiras na região do Rio de Janeiro e de Cabo Frio em meses quentes já foi previamente documentada para a espécie, aparentemente caracterizando um padrão de fidelidade, sendo comum a observação de comportamento de forrageio nessa área de alta produtividade (LODI et al., 2015). Movimentos para áreas costeiras devem ser motivados por movimentos de presas pelágicas potenciais, como sardinhas, *Sardinella brasiliensis*, que se aproximam da costa para desovar durante o verão e outono (PAIVA & MOTTA, 2000), e são uma importante presa para a baleia-de-Bryde (TERSHY et al., 1993). No entanto, nota-se que as três reavistagens do PMC em áreas costeiras foram realizadas no início do inverno, quando a área começa a ser menos utilizada, ou no final da primavera, quando começa a ser reutilizada (LODI et al., 2015). Embora os registros de reavistagens por fotoidentificação sejam em habitats similares (região costeira ou talude), o movimento mais relevante registrado por telemetria (PTT 166662) indica que as baleias podem se deslocar entre os habitats. Até o momento, tais registros são limitados, impedindo a identificação de algum padrão.

#### ***Movimentos de Balaenoptera bonaerensis***

A marcação de uma baleia-minke-Antártica com transmissor satelital na configuração LIMPET ocorreu na 4ª Campanha de Telemetria, em 13/07/2017, na altura de São Paulo. A baleia marcada (PTT 166666) era um macho e estava acompanhado de uma fêmea com filhote. O movimento desse indivíduo indica um comportamento migratório, ultrapassando os limites da Bacia de Santos no sentido norte e chegando à latitude de 12,9° S após 18 dias de monitoramento (**Figura V.2-32**).



**Figura V.2-32:** Movimentos de um indivíduo de *Balaenoptera bonaerensis* marcado com transmissor satelital no inverno de 2017 durante o PMC-BS.

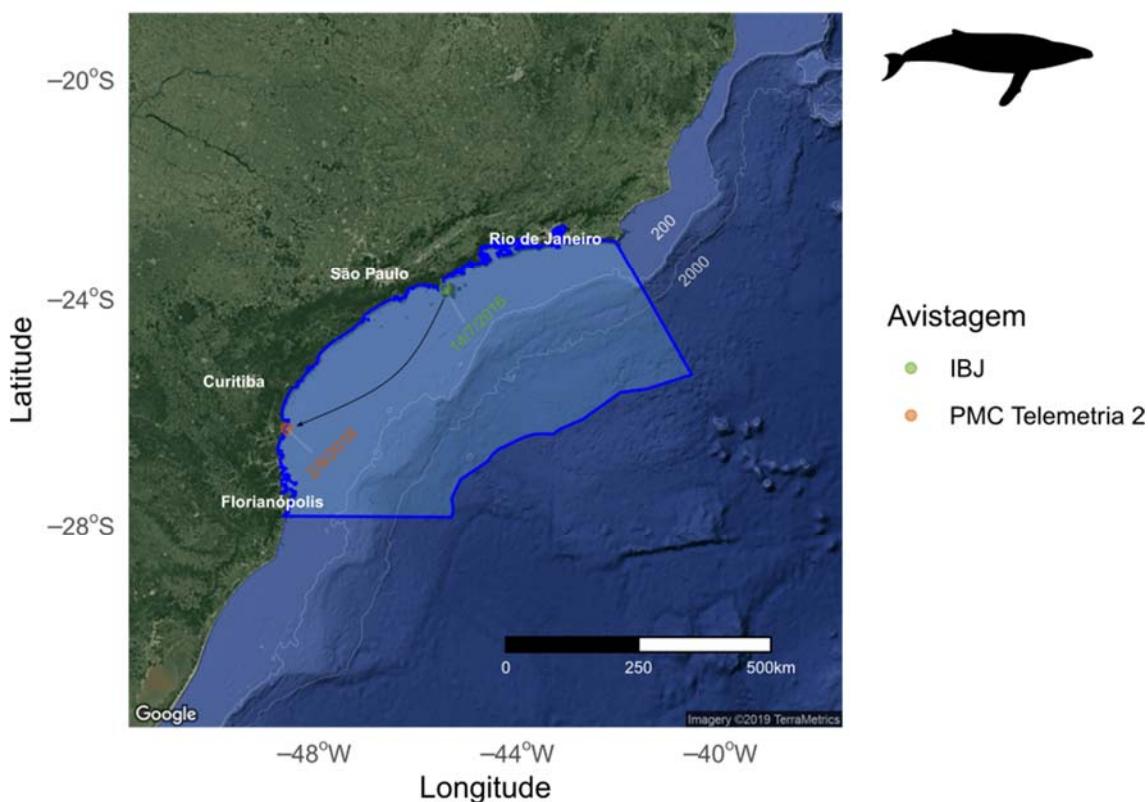
A baleia-minke-Antártica está distribuída no Hemisfério Sul, e a região nordeste do Brasil é considerada uma área reprodutiva da espécie (LUCENA, 2006; ANDRIOLI et al., 2010), embora os limites daquela área de reprodução permaneçam incertos. Em Costinha, na Paraíba, cerca de 10.886 indivíduos foram capturados entre os anos 1960 e 1980, antes da moratória de caça (LUCENA, 2006). Naquela região, a espécie foi registrada em águas oceânicas, entre 200 e 4.675 m de profundidade, com maior concentração em torno de 1.000 m de profundidade, entre os meses de agosto e outubro (ANDRIOLI et al., 2010).

O reduzido número de filhotes e fêmeas prenhes ou amamentando na costa nordeste sugere que a região seja utilizada apenas para o acasalamento, com os nascimentos ocorrendo em latitudes maiores (LUCENA, 2006). Os meses de setembro e outubro foram os de maior abundância de baleias na época da caça porque é um período de ovulações eminentes na região (ROCHA & BRAGA, 1982). O movimento do indivíduo PTT 166666 seguiu o padrão esperado, pois ao final de julho estava em águas oceânicas ao largo do estado da Bahia,

aparentemente migrando para a principal área reprodutiva. Essa foi a primeira marcação da espécie com transmissor satelital no Atlântico Sul.

### Movimentos de *Megaptera novaeangliae*

A comparação do catálogo de *Megaptera novaeangliae* do PMC-BS com o catálogo do Instituto Baleia Jubarte (IBJ) permitiu a identificação de um *match*. O indivíduo 15# do PMC-BS, registrado nas proximidades de São Francisco do Sul (SC), foi detectado aproximadamente dois meses antes próximo a Ilhabela (SP), o que representa um deslocamento linear de aproximadamente 500 km (Figura V.2-33).

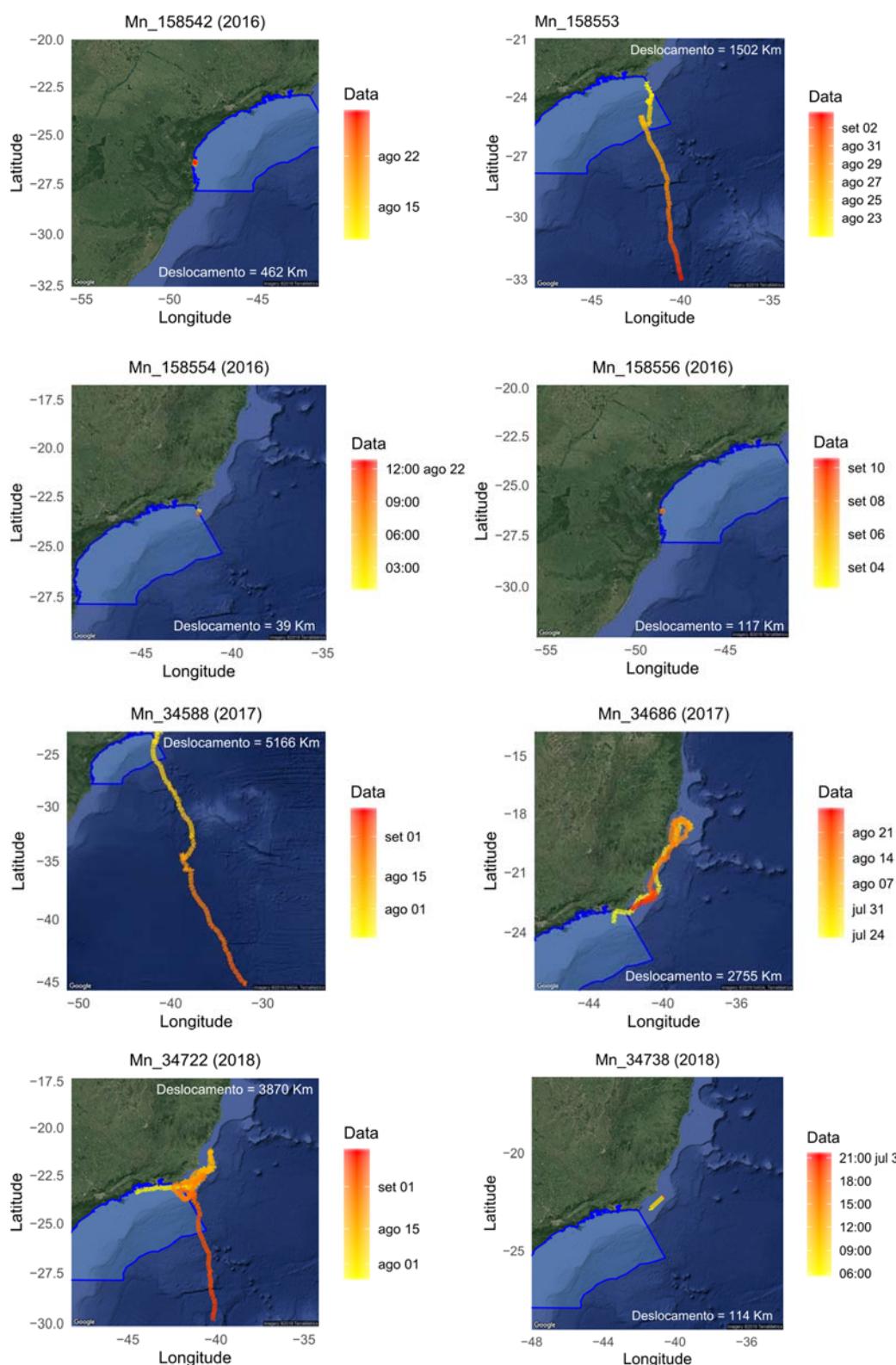


**Figura V.2-33:** Localizações do indivíduo 15# de *Megaptera novaeangliae*, reavistado na Bacia de Santos durante o PMC-BS.

A espécie teve oito indivíduos marcados com transmissores na configuração implantável. As marcações ocorreram sempre no inverno, sendo essa a segunda espécie com maior número de indivíduos marcados. A espécie foi também a

segunda com maior duração das transmissões, embora o período de transmissão tenha variado bastante entre os indivíduos (3–54 dias). Houve grande variabilidade nos movimentos e uso de habitat das baleias-jubarte na Bacia de Santos (**Figura V.2-34**). Para três indivíduos (PTTs 158553, 34588 e 34722), foi possível registrar parcialmente a rota migratória, com o deslocamento em direção ao sul começando entre o início de agosto e o início de setembro. Um dos indivíduos era subadulto sem sexo confirmado, outro era adulto sem sexo confirmado e o outro era um macho adulto. Em todos os casos, o deslocamento migratório iniciou na região de Cabo Frio, Rio de Janeiro.

O registro de alguns animais subadultos ocorreu no inverno de 2016. Eles estavam próximos da costa no litoral norte de Santa Catarina, onde permaneceram por um período considerável, sendo observado comportamento de provável alimentação. Na mesma região ocorreu o *match* de fotoidentificação do indivíduo 15# mencionado acima. Além disso, um macho (PTT 158542) e uma fêmea (PTT 158556) (**Figura V.2-34**) também foram marcados com transmissores satelitais. A marcação de outros dois indivíduos ocorreu perto do Cabo Frio, mas os transmissores tiveram uma duração curta, de até quatro dias.



**Figura V.2-34:** Movimentos de sete indivíduos de *Megaptera novaeangliae* marcados com transmissores satelitais durante o inverno de 2016, 2017 e 2018, durante o PMC-BS.

A baleia-jubarte é uma das espécies de misticetos mais bem estudada no mundo, embora persistam muitas lacunas de informação sobre sua ecologia no Hemisfério Sul. A espécie apresenta um padrão migratório bem definido e conhecido entre áreas reprodutivas e de alimentação, visitando principalmente a costa leste e nordeste do Brasil para reprodução durante a primavera (ZERBINI et al., 2006). A IWC denomina como “Estoque reprodutivo A” a população que migra anualmente para a costa leste da América do Sul. A região do Banco de Abrolhos, no litoral do Brasil, é a principal área de reprodução desse estoque (ANDRIOLI et al., 2006).

A abundância relativa na região aumenta gradualmente depois de julho, atingindo um pico entre o final de agosto e início de setembro, e reduzindo novamente em novembro, quando a população retorna para as áreas de alimentação (MORETE et al., 2008). A rota migratória da população indica que as Ilhas Sandwich e as Ilhas da Geórgia do Sul são as principais regiões de alimentação desse estoque (ZERBINI et al., 2006; ENGEL & MARTIN, 2009).

A rota percorrida pelos indivíduos que iniciaram a migração seguiu o “corredor migratório” dessa população, sendo semelhante às rotas registradas por Zerbini et al. (2006) para uma fêmea acompanhada por filhote e um macho de *Megaptera novaeangliae*, marcados com transmissor satelital em 2003. Contudo, pode-se considerar que a migração desses indivíduos para a região de alimentação ocorreu antes do esperado, entre o início de agosto e o início de setembro, já que tal movimento costuma ocorrer entre outubro e novembro, após a temporada reprodutiva (ZERBINI et al., 2006; MORETE et al., 2008).

O primeiro indivíduo era um subadulto, o que pode explicar esse retorno precoce às áreas de alimentação, já que nessa fase da vida os indivíduos ainda não estão envolvidos diretamente nas atividades reprodutivas. Contudo, os outros indivíduos, marcados em 2017 e 2018, eram adultos, sendo um macho. É possível que o retorno precoce às áreas de alimentação esteja associado a uma variação individual no comportamento migratório, que pode estar relacionada ao sexo e estado reprodutivo (BROWN et al., 1995). Entretanto, esta variação ainda precisa ser descrita para a costa brasileira.

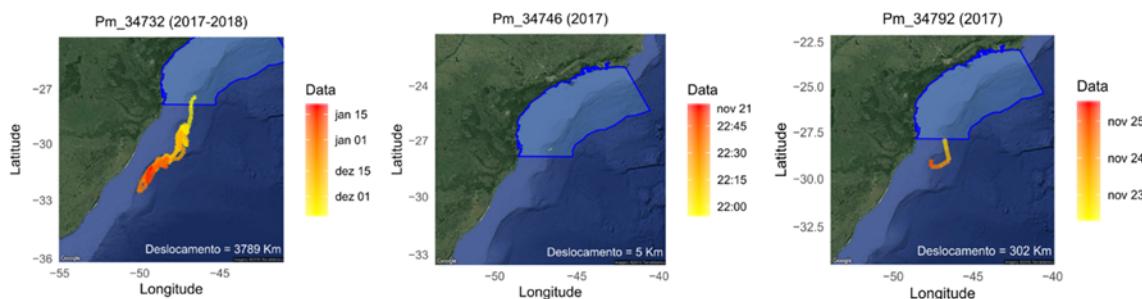
É bem capaz que o comportamento dos indivíduos PTT 158543 e PTT 158546 possa ser considerado atípico para a espécie, pois não há registros pretéritos de áreas de ocupação de baleias-jubarte ao longo do litoral sul do Brasil. Encalhes de animais mortos são documentados há vários anos na região sul (PINEDO, 1985; CHEREM et al., 2004), mas são raros os registros de animais vivos ao longo da costa, incluindo o litoral catarinense. Contudo, nos últimos anos têm sido crescente o número de registros de baleias-jubarte no litoral sudeste e sul do Brasil, tanto de animais vivos como mortos. É possível que o aumento populacional da espécie nos últimos anos esteja ocasionando uma maior dispersão da população, que passa a ocupar novas áreas ou reocupar áreas que eram utilizadas antes de a caça reduzir drasticamente a população.

Assim como os dados de telemetria satelital, o indivíduo ID15#, registrado dia 14/07/16 em Ilhabela e 45 dias depois no litoral norte de Santa Catarina, contribui para o entendimento de que a espécie esteja utilizando esta região de formas variadas. Ou seja, é possível que a Bacia de Santos não seja mais utilizada apenas como rota migratória das baleias-jubarte, mas que elas também permaneçam na área por períodos prolongados sem completar a migração para as áreas de concentração reprodutiva, utilizando a região como área de alimentação e reprodução. As jubartes que permaneceram no litoral de Santa Catarina foram observadas em comportamento de forrageio nessa área. Tais registros sugerem um recente uso de áreas costeiras durante o período migratório ou por indivíduos que não chegam a completar a migração para áreas reprodutivas, permanecendo em áreas costeiras ao longo do caminho em atividades de forrageio. O fato de que esses animais são jovens também contribui para explicar sua permanência numa região que normalmente não é utilizada pela espécie, que busca menores latitudes para reprodução. Alguns autores sugerem que a espécie se alimenta de forma oportunista durante a migração para áreas de reprodução (WITTEWEEN et al., 2011; SILVA et al., 2012).

## Família Physeteridae

### Movimentos de *Physeter macrocephalus*

Durante a 5ª Campanha de Telemetria, três indivíduos foram marcados na região do talude continental no dia 20/11/2016, sendo dois com transmissores na configuração LIMPET e um na configuração implantável. O PTT 34722, marcado com transmissor na configuração implantável, teve o maior período de monitoramento por telemetria satelital do PMC, chegando a 60 dias, enquanto a duração dos PTTs 34746 e 34792 foi de três e quatro dias, respectivamente. O PTT 34722 se deslocou para o sul, sempre na região do talude continental, saindo da Bacia de Santos e chegando até a região limítrofe entre Brasil e Uruguai (Figura V.2-35), percorrendo 3.786,1 km.



**Figura V.2-35:** Movimentos de três indivíduos de *Physeter macrocephalus* marcados com transmissores satelitais na primavera de 2017 durante o PMC-BS.

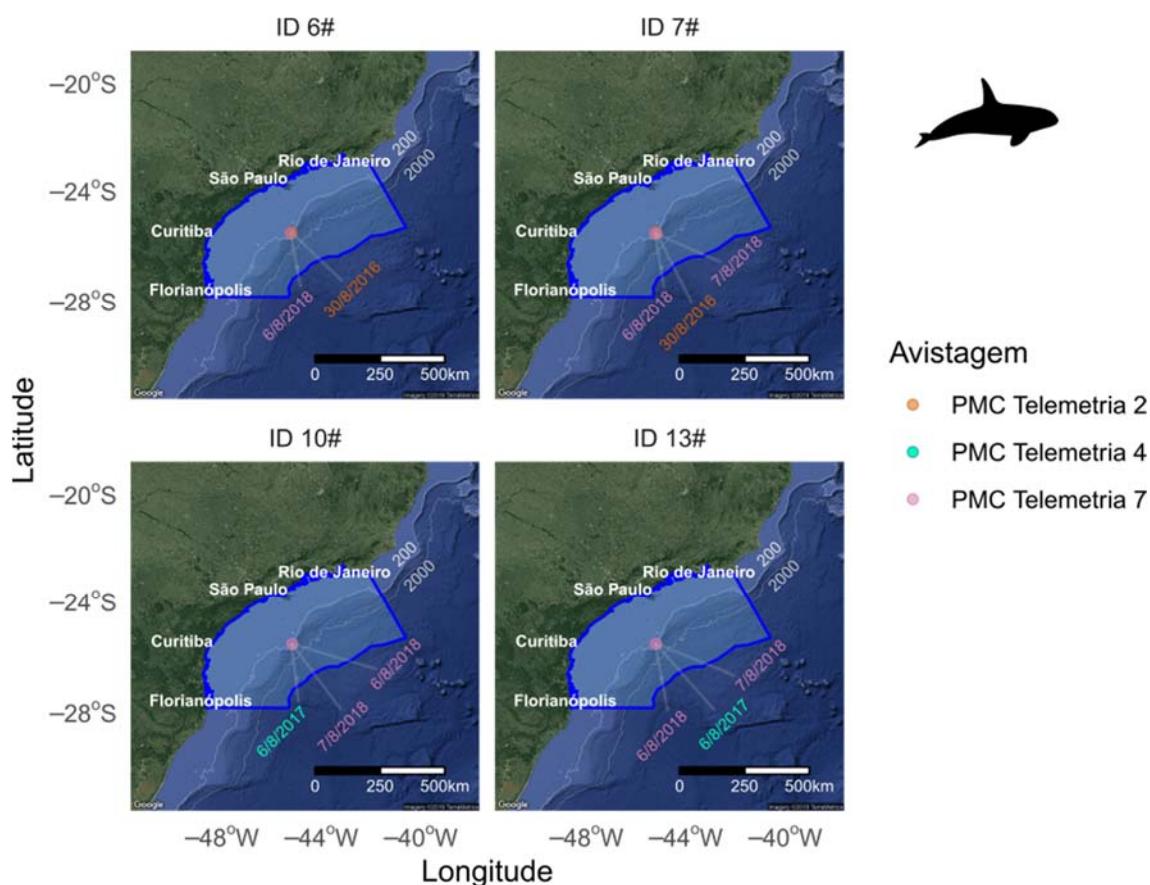
São escassas as informações sobre os movimentos e padrões de uso de habitat de cachalotes no Atlântico Sul. A maior parte das informações provém do registro de animais encalhados. Ramos et al. (2001) reportaram os encalhes ocorridos na costa brasileira entre 1967 e 2000, período em que foram registrados 95 indivíduos. Os dados dos encalhes indicam um padrão sazonal e espacial. Um maior número de encalhes ocorre no inverno nas grandes latitudes e um maior número de encalhes ocorre entre o verão e o outono em baixas latitudes. A espécie representou 27,8% dos registros na região do talude continental entre o sul e sudeste do Brasil (DI TULLIO et al., 2016), com maior concentração nas latitudes maiores, ao sul do Cabo de Santa Marta. A espécie

foi registrada em todas as estações, sempre em profundidades maiores do que 1.000 metros. Não há registros sobre padrões de uso de habitat e movimento de cachalotes.

### *Família Delphinidae*

#### **Movimentos de *Orcinus orca***

A 7ª Campanha de Telemetria contribuiu para o registro dos primeiros *matchs* de *Orcinus orca* (Figura V.2-36). As quatro reavistagens foram realizadas na mesma região do talude (máximo de 5 km de distância). Dois indivíduos (06# e 07#), em um mesmo grupo, foram fotoidentificados em 30/08/2016 e reavistados em 06/08/2018. O registro de outros dois indivíduos (10# e 13#) ocorreu pela primeira vez em 06/08/2017. Eles foram reavistados nos dias 06 e 07/08/2018 exatamente um ano depois, a uma distância de apenas 2 km do primeiro registro, sugerindo a possibilidade de se tratar do mesmo grupo dos indivíduos 06# e 07#. Considerando todos os registros de orca do PMC-BS, nota-se que a área de ocorrência desses *matchs* de fotoidentificação coincidem com a área de maior densidade de registros para a espécie. Este padrão indica algum grau de fidelidade e de residência na área, utilizando-a para atividades de alimentação/forrageio. Destaca-se que as reavistagens ocorreram em intervalos de 1 ou 2 anos, porém exatamente na mesma época do ano, sugerindo algum padrão sazonal.



**Figura V.2-36:** Localização das reavistagens de *Orcinus orca* fotoidentificadas durante o PMC-BS

Cinco orcas receberam transmissores na configuração LIMPET até o momento, todas no inverno, com dados para três machos adultos em águas oceânicas e um macho na região costeira; não foi possível identificar o sexo do quinto indivíduo.

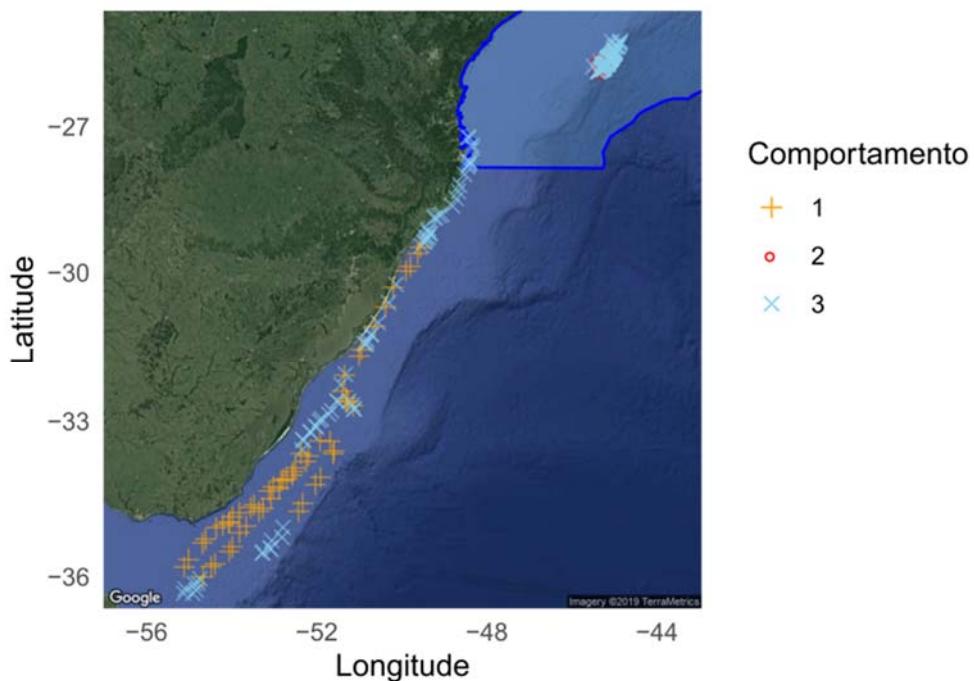
A marcação de quatro indivíduos na região do talude ocorreu na altura de Paranaguá. Os dois primeiros foram marcados em 30/08/2016 (machos PTT 158547 e 162628). Além disso, um dos machos também foi fotoidentificado (06#) e reavistado dois anos depois na mesma região. Já os outros dois foram marcados em 2018 (PTT 58013, em 06/08/2018 e PTT 58014, em 07/08/2018). O primeiro era um macho e o segundo de sexo desconhecido. Os animais marcados em 2016 estavam no mesmo grupo, mas, em 2018, os animais foram marcados em grupos distintos (embora em dias seguidos). Em ambos os casos os animais eram do mesmo grupo dos animais fotoidentificados (conforme

detalhado acima). Embora o período de transmissão não tenha sido longo, variando de 3 a 14 dias, os animais ficaram durante todo o período de monitoramento na mesma região, sugerindo sua permanência na área, o que é reforçado pelos dados de fotoidentificação.

De maneira distinta, o animal marcado nas águas costeiras de Santa Catarina, em 30/07/2017 (PTT 162633), realizou um longo deslocamento em direção ao sul, paralelamente à costa, e chegou até a desembocadura do estuário do rio da Prata, entre o Uruguai e a Argentina. Embora o indivíduo tenha sido monitorado por um período mais longo, de 33 dias, os dados indicam um padrão de uso de habitat bastante distinto dos outros indivíduos identificados, movendo-se principalmente entre as isóbatas de 10 e 50 metros de profundidade e percorrendo 2.692,5 km (**Figura V.2-37**).

O modelo hierárquico de estado-espacó permitiu identificar a ocorrência dos dois padrões de movimentação (ou *behavioral modes*, segundo a literatura), classificados pelo modelo. A área costeira foi considerada como uma área de deslocamento/movimentação e a área do talude, inserida na Bacia de Santos, como uma área de uso intenso (*Area Restricted Search - ARS*), que pode estar relacionada a comportamentos alimentares e/ou de reprodução (**Figura V.2-37**).

Esse resultado reforça a hipótese levantada pelos dados de fotoidentificação, ou seja, de que os animais provavelmente apresentem algum grau de fidelidade ou de residência na região do talude.



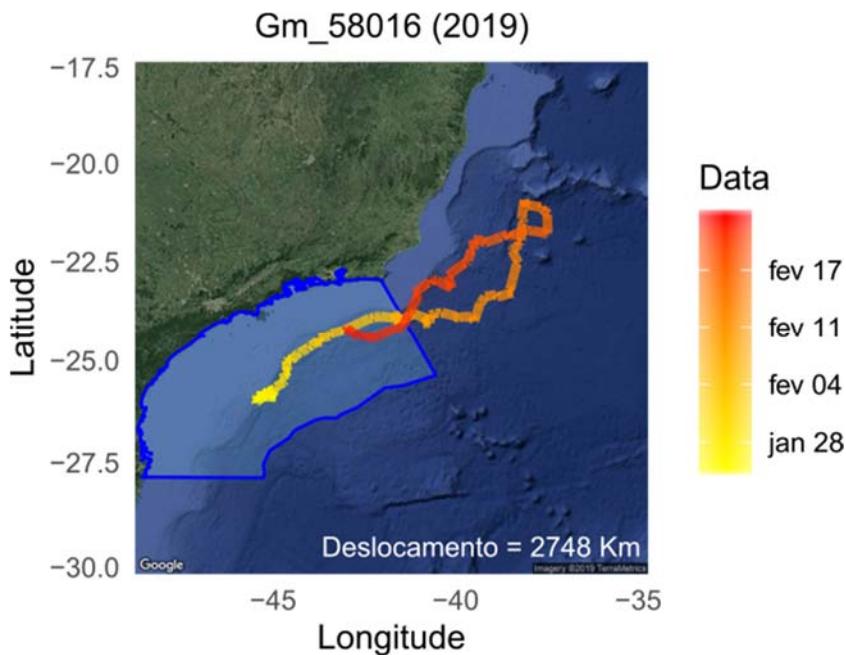
**Figura V.2-37:** Padrões de movimentação estimados para cinco *Orcinus orca* pelo modelo hierárquico de estado-espacão aplicados aos dados de transmissores satelitais durante o PMC-BS. Os padrões de movimentação estimados são 1 = Transiting (deslocamento) e 2 = ARS (area restricted-search); a categoria 3 se refere aos pontos que não puderam ser classificados, considerados, portanto, indefinidos.

Há registros ocasionais de indivíduos solitários ou grupos de tamanho variado, chegando a 10 indivíduos, no litoral dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, em todas as estações (LODI & HETZEL, 1998; SICILIANO et al., 1999; SANTOS & SILVA, 2009; LODI & FARIAS-JÚNIOR, 2011). Um indivíduo solitário foi reavistado na região em todas as estações, mas principalmente no verão (LODI & FARIAS-JÚNIOR, 2011). No sul do Brasil, o registro da *Orcinus orca* na região do talude durante interação com a pesca de espinhel do atum e peixe-espada (SECCHI & VASKE, 1998) indica aparente padrão sazonal entre junho e outubro. Não há dados específicos sobre reprodução de orcas nesta região do Atlântico, portanto, é difícil especificar se as áreas classificadas como de uso intenso têm alguma relação com aspectos reprodutivos ou se estão relacionadas somente a áreas de alimentação.

Em outras regiões do mundo, a espécie é conhecida por se deslocar a grandes distâncias chegando a percorrer 15.600 km (GOLEY & STRALEY, 1994; MATKIN et al., 1997; VISSER, 1999).

### Movimentos de *Globicephala macrorhyncus*

Um indivíduo da espécie recebeu um transmissor na configuração LIMPET em 24/01/2019. Ele foi monitorado durante 32 dias, até o final de fevereiro (verão). A identificação em nível de espécie foi feita por meio da análise genética de biópsias coletadas de outros indivíduos do mesmo grupo, que totalizou 100 indivíduos. A marcação ocorreu no talude, na região central da Bacia de Santos. O deslocamento aconteceu gradualmente em direção ao norte seguindo pelo talude até a altura de Cabo Frio, quando o animal se afastou do talude para uma região mais oceânica, passando pela Bacia de Campos e chegando à altura da Cadeia Vitória-Trindade (20,8° S). A partir deste ponto, o animal retornou para o sul, adentrando novamente o talude na Bacia de Santos (**Figura V.2-38**).



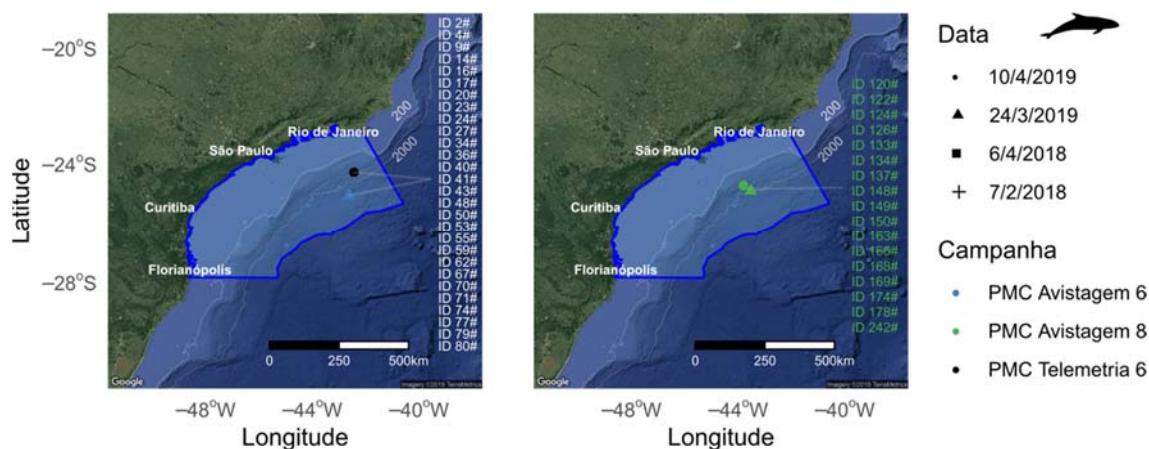
**Figura V.2-38:** Movimentos de um indivíduo de *Globicephala macrorhyncus* marcado com transmissor satelital no verão de 2019 durante o PMC-BS.

As baleias-piloto estão distribuídas em águas temperadas e tropicais de todos os oceanos, com limite latitudinal em 50°N e 40°S, geralmente em áreas oceânicas com grande profundidade (OLSON, 2018) e realizam mergulhos profundos. São conhecidas por ocorrer no talude continental, que constituem áreas potenciais de alimentação (GARRISON, 2007). O registro de deslocamento do referido indivíduo é muito semelhante ao descrito para a espécie no Atlântico Norte Ocidental, onde 29 indivíduos marcados com transmissores satelitais permaneceram a maior parte do tempo de monitoramento associados ao talude em comportamento alimentar (THORNE et al., 2017).

#### *Movimentos de Peponocephala electra*

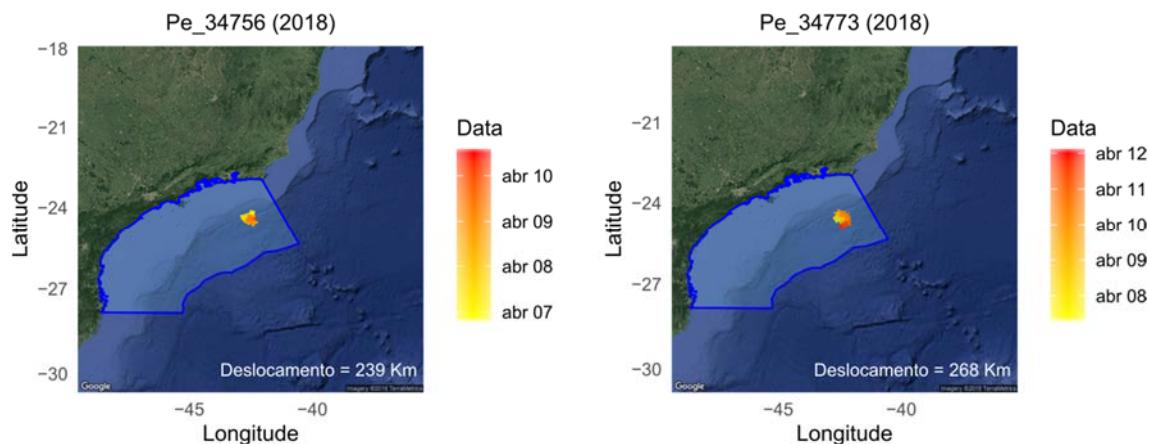
O primeiro registro de *Peponocephala electra* ocorreu em 07/02/2018, enquanto a segunda detecção ocorreu em 06/04/2018, com 26 indivíduos reavistados (Figura V.2-39). Os dois registros ocorreram em águas oceânicas, o que é típico para a espécie, porém o segundo sucedeu aproximadamente 100 km ao norte.

Posteriormente, um grupo foi registrado no dia 24/03/2019. Desses, 17 indivíduos foram reavistados na mesma Campanha, no dia 10/04/2019, praticamente na mesma área próxima ao talude (Figura V.2-39). Como em ambos os registros a contagem somou mais de 200 indivíduos, é muito provável que, mais uma vez, seja o mesmo grupo em momentos diferentes. Assim, seria o segundo caso de uma reavistagem de um mesmo grupo nessa área e nessa época do ano para a espécie. Como não foram observados *matchs* entre as reavistagens de 2018 e de 2019, não é possível afirmar que seja o mesmo grupo. Aplicando um modelo Lincoln-Petersen de marcação-recaptura para as duas reavistagens, de 2018 e de 2019, foi possível estimar que, assumindo o pressuposto de que os reavistamentos são de um mesmo grupo, a reavistagem de 2018 referia-se a um grupo de 142 indivíduos (IC95%: 115-201), enquanto a reavistagem de 2019 era de um grupo muito maior, de 466 indivíduos (IC95%: 301-722).



**Figura V.2-39:** Localizações das reavistagens de *Peponocephala electra* durante o PMC-BS.

Dois indivíduos em um mesmo grupo foram marcados com transmissores satelitais na configuração LIMPET em 06/04/2018. Os transmissores funcionaram por 6 e 7 dias, período no qual os animais não se afastaram do local de marcação na região do talude (**Figura V.2-40**). A região de marcação e permanência destes indivíduos coincide com os locais onde foram fotoidentificados e reavistados 26 e 17 indivíduos, respectivamente, em 2018 e 2019. Em todos os casos, os animais estavam em grupos grandes, estimados visualmente em 100 e 400 indivíduos.



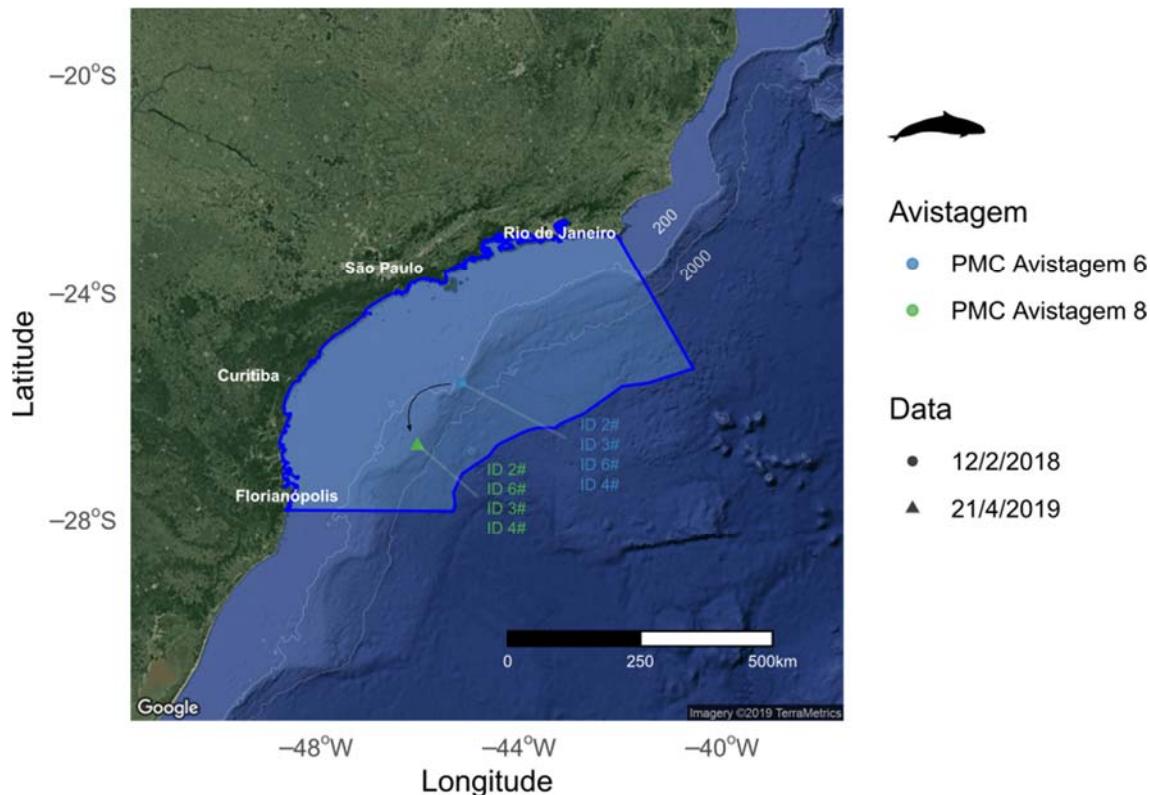
**Figura V.2-40:** Movimentos de dois indivíduos de *Peponocephala electra* marcados com transmissores satelitais no outono de 2018 durante o PMC-BS.

*Peponocephala electra* é uma espécie de distribuição global, encontrada principalmente em regiões oceânicas tropicais e temperadas (PERRYMAN, 2002). Em algumas regiões está associada a ilhas oceânicas, como no Havaí, EUA (e.g., LIGON et al., 2007). No Oceano Atlântico, as informações disponíveis são principalmente para a região do Caribe e Atlântico Norte (MULLIN et al., 1994; WATKINS et al., 1997). O pouco que se sabe sobre a espécie em águas brasileiras vem de registros de encalhes (e.g., LODI et al., 1990; BATISTA et al., 2012). Novas reavistagens vão contribuir para reforçar a importância da área para a espécie, se seu uso tem algum padrão sazonal, se existe tendência à manutenção nas composições de grupos e possíveis unidades populacionais.

### ***Movimentos de *Feresa attenuata****

Em 12/02/2018, nove indivíduos de *Feresa attenuata* foram identificados em um grupo em águas oceânicas próximas ao talude. No ano seguinte, em 21/04/2019, quatro destes nove indivíduos foram reavistados aproximadamente 120 km ao norte do primeiro registro (**Figura V.2-41**). Embora a composição do grupo do primeiro registro fosse em torno de 30 indivíduos e a do segundo de apenas 10, a reavistagem sugere ao menos uma parcial manutenção na composição social do grupo, mesmo um ano depois.

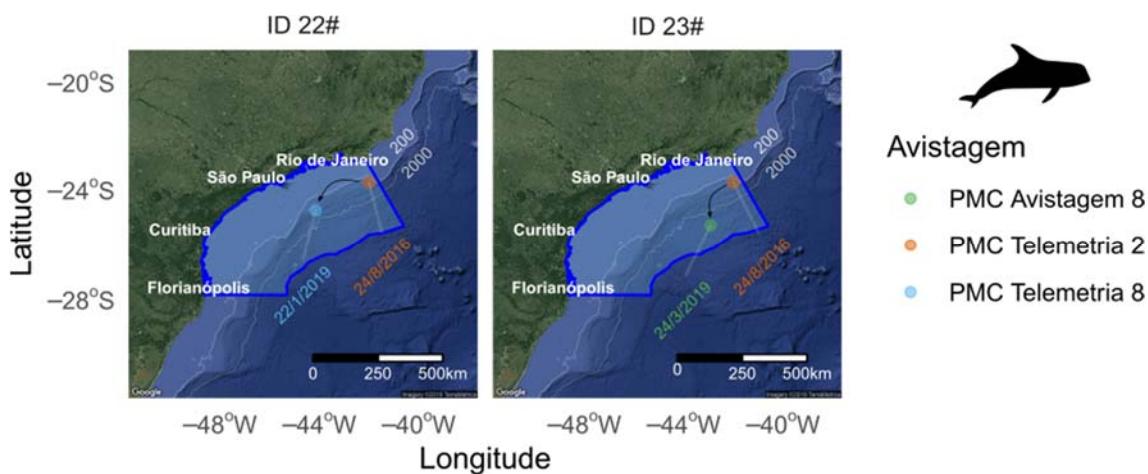
O registro de *Feresa attenuata* ocorre em águas tropicais e temperadas (ROSS & LEATHERWOOD, 1994), porém, muito pouco se sabe sobre seus padrões de distribuição e movimento. No Brasil, em geral, os registros são de encalhes (e.g., ZERBINI & SANTOS, 1997; MAGALHÃES et al., 2007), mas apenas três registros de avistagens são reportados na literatura (SICILIANO et al., 2008; ROSSI-SANTOS et al., 2008). Globalmente, os registros conhecidos são predominantemente em profundidades de 120 a 1000 m, com alguns casos de fidelidade a ilhas oceânicas (e.g., MCSWEENEY et al., 2009; BAIRD et al., 2011) e se aproximando de áreas costeiras em águas quentes (WADE & GERRODETTE, 1993). Esta é a primeira reavistagem da espécie pelo PMC-BS. Assim como nos demais registros, ela ocorreu nas proximidades do talude, em águas profundas.



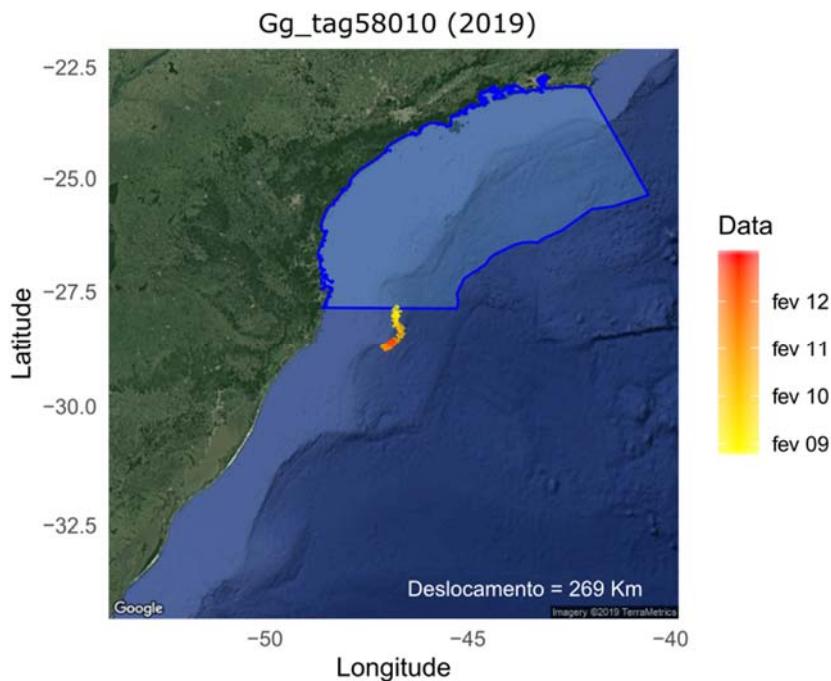
**Figura V.2-41:** Localização das reavistagens de *Feresa attenuata* durante o PMC-BS.

#### Movimentos de *Grampus griseus*

As primeiras reavistagens de *Grampus griseus* ocorreram em 2019 (Figura V.2-42). Dois indivíduos, observados em 24/08/2016, foram reavistados 30 meses depois, sendo ambos em áreas próximas ao talude. Um indivíduo (PTT 58010) foi marcado com transmissor satelital na configuração LIMPET em 08/02/2019. Da mesma forma que os indivíduos fotoidentificados, ele estava na região do talude, contudo mais ao sul. Seus movimentos foram monitorados durante seis dias durante o mês de janeiro, período no qual ele se movimentou entre as latitudes 27,7° e 28,7° S, permanecendo na região do talude (Figura V.2-43).



**Figura V.2-42:** Localização das reavistagens de *Grampus griseus* durante o PMC-BS.



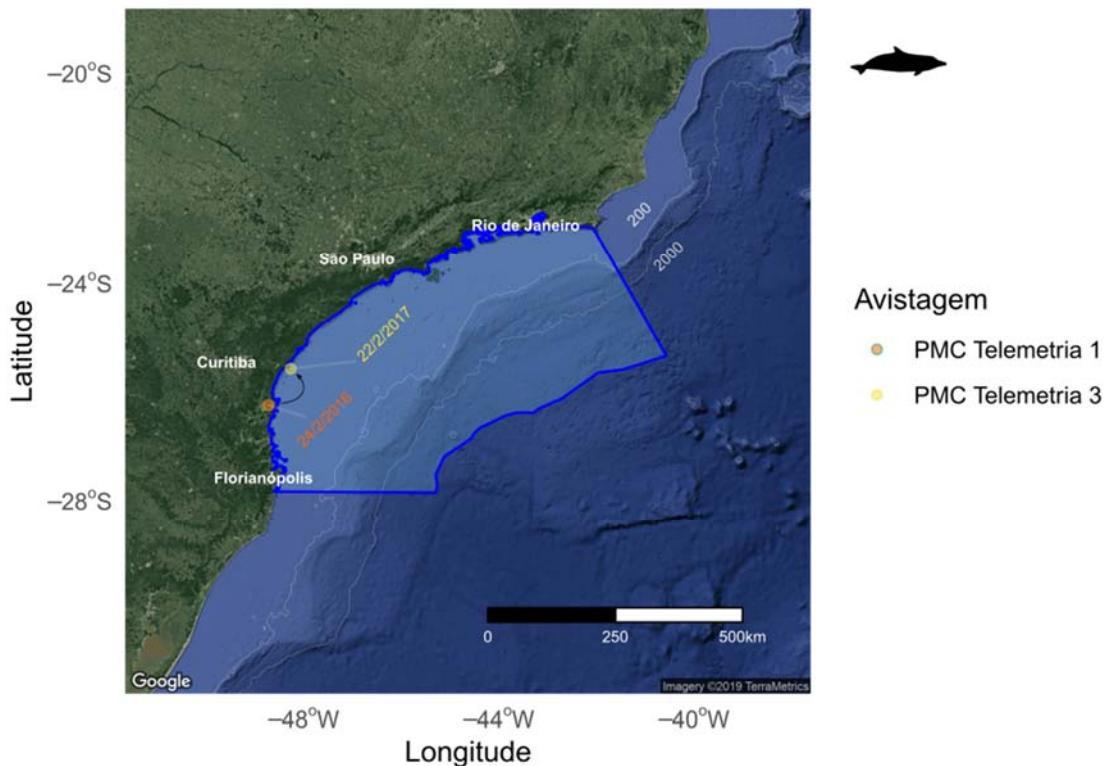
**Figura V.2-43:** Movimentos de um *Grampus griseus* marcado com transmissor satelital no verão de 2019 durante o PMC-BS.

*Grampus griseus* é amplamente distribuído em águas temperadas e tropicais, ocorrendo preferencialmente em águas oceânicas, com 200 a 1.000 metros de profundidade e temperaturas acima de 12º C (BEARZI et al., 2011; HARTMAN, 2018). O Atlântico Sul Ocidental é a região com o menor número de registros da espécie, o que provavelmente seja resultado do esforço reduzido de

pesquisa em áreas distantes da costa (JEFFERSON et al., 2013). Segundo estes autores, a espécie tem preferência por águas temperadas, entre 30º e 45º em ambos os hemisférios. Tanto os animais com *match* de fotoidentificação ocorreram em águas oceânicas, nas proximidades do talude. É o caso daquele indivíduo marcado com transmissor satelital. Esse padrão de movimentação já foi observado para um golfinho-de-Risso reabilitado, marcado com transmissor satelital e liberado no Golfo do México, numa região com profundidade de 125 metros, e monitorado por 23 dias (WELLS et al., 2009). No sul da Bacia da Califórnia, dois indivíduos marcados permaneceram nas imediações de ilhas oceânicas (FALCONE & SCHORR, 2012). Mais informações são necessárias para elucidar algum padrão de uso da área e/ou definições de possíveis unidades populacionais.

#### ***Movimentos de Sotalia guianensis***

Uma reavistagem de *Sotalia guianensis* (indivíduo 21#) ocorreu na região da Baía Babitonga em 24/02/2016. É provável que o registro seja de *Sotalia* procedente da população residente na área (HARDT et al., 2010). No entanto, no dia 22/02/2017, o mesmo indivíduo foi observado próximo à entrada do complexo estuarino de Paranaguá, 60 km ao norte (**Figura V.2-44**). Este registro sugere que ou indivíduos da população residente de *Sotalia* da Baía Babitonga se deslocam para áreas adjacentes, ou indivíduos de áreas adjacentes visitam a Baía Babitonga. Movimentos como esse não foram registrados anteriormente pelos monitoramentos sistemáticos que ocorrem na área (CREMER et al., 2011), e devem ser considerados em estudos futuros que avaliam o estado das populações costeiras da espécie.

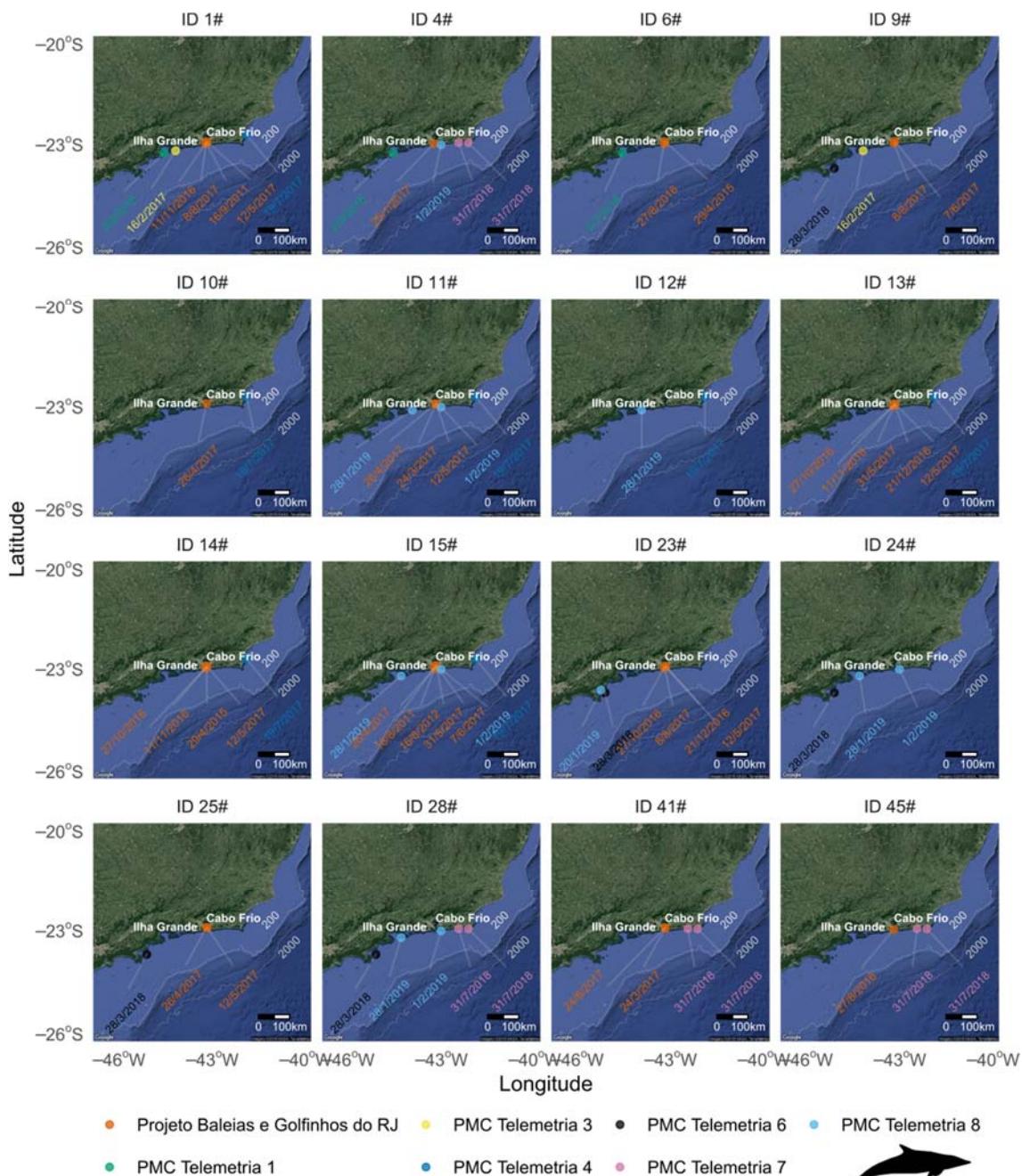


**Figura V.2-44:** Localizações da reavistagem do ID21# de *Sotalia guianensis* durante o PMC-BS.

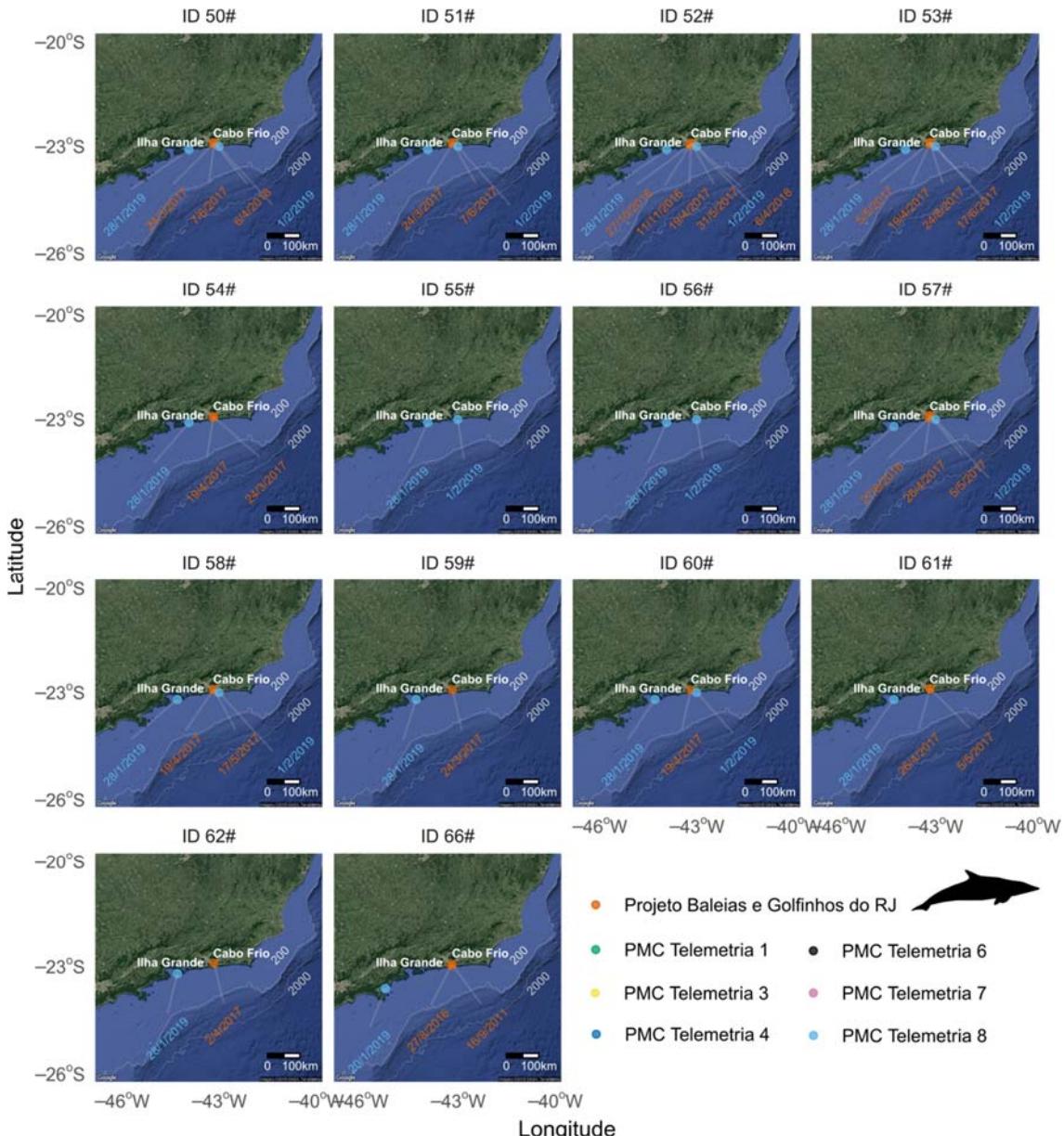
#### Movimentos de *Steno bredanensis*

*Steno bredanensis* é a espécie com maior número de reavistagens. No entanto, todas as reavistagens ocorreram em áreas costeiras, entre a região de Cabo Frio (RJ) e Ilhabela (SP; **Figura V.2-45** e **Figura V.2-46**). Por exemplo, o indivíduo 01# foi avistado em Ilha Grande, em 02/03/2016, e reavistado em 19/07/2017 em Cabo Frio. Este indivíduo também compõe o catálogo de fotoidentificação do Projeto Baleias e Golfinhos do Rio de Janeiro (PBGRJ), sendo registrado em cinco oportunidades nas proximidades do Arquipélago de Cagarras (RJ). Já o indivíduo 09# foi avistado em 16/02/2017 nas proximidades de Ilha Grande (RJ), em 28/03/2018 nas proximidades de Ilhabela (SP) e em 07/06/2017 e 08/08/2017 nas proximidades do Arquipélago de Cagarras (RJ) pelo PBGRJ. Esse padrão se repetiu para todos os outros indivíduos com reavistagens durante o PMC-BS, com todas elas ocorrendo ao longo dessa faixa de costa. Outros doze indivíduos, registrados uma única vez pelo PMC-BS,

sempre entre Ilha Grande (RJ) e Cabo Frio (RJ), constam do Catálogo do PBGRJ. Eles foram observados com frequência na área próxima ao Arquipélago de Cagarras (RJ; **Figura V.2-45 e Figura V.2-46**). Alguns desses indivíduos foram reavistados em múltiplas oportunidades pelo PBGRJ.



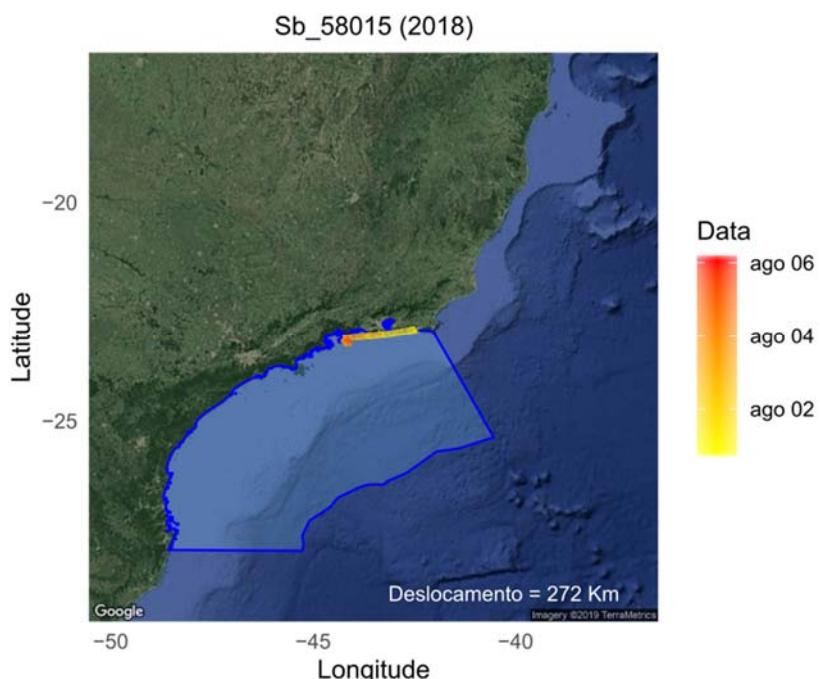
**Figura V.2-45:** Localização de reavistagens de 16 indivíduos de *Steno bredanensis* durante o PMC-BS.



**Figura V.2-46:** Localização de reavistagens de 14 indivíduos de *Steno bredanensis* durante o PMC-BS.

Até agora, apenas um indivíduo de *Steno bredanensis* foi marcado com transmissor satelital em 31/07/2018. Apesar dos vários encontros com a espécie ao longo do PMC-BS, incluindo muitas reavistagens por fotoidentificação, a espécie está no limite mínimo aceitável para a instalação dos transmissores LIMPET e, portanto, as oportunidades de marcação tornam-se mais reduzidas.

O transmissor permitiu o monitoramento do indivíduo durante sete dias. A marcação foi realizada ao norte da Baía de Guanabara e o animal seguiu em direção ao sul, muito próximo da costa, até as imediações da Baía de Sepetiba (**Figura V.2-47**).



**Figura V.2-47:** Movimentos de um *Steno bredanensis* marcado com transmissor satelital no inverno durante o PMC-BS.

*Steno bredanensis* é uma espécie de distribuição tropical e subtropical, ocorrendo em geral em águas oceânicas profundas entre as latitudes de 40° N e 35° S (PERRIN, 2009). Contudo, em algumas regiões, a espécie ocorre no entorno de ilhas oceânicas (BAIRD et al., 2008) ou próximas à costa, como é o caso do Brasil (e.g., ROSSI-SANTOS et al., 2006; LODI et al., 2012). De maneira geral, a espécie é considerada pouco conhecida. Os dados de fotoidentificação e de telemetria satelital confirmam um padrão já conhecido de movimentação da espécie ao longo do litoral do Rio de Janeiro (LODI et al., 2012) e reforçam a hipótese já proposta de um movimento entre as áreas de Ilhabela (SP) e Cabo Frio (RJ), aparentemente importante para atividades de forrageio (LODI et al., 1999). Como as reavistagens ocorreram em anos diferentes, os indivíduos

provavelmente compõem uma unidade populacional costeira, com um possível padrão de residência e/ou fidelidade à área, conforme já indicado por LODI et al. (2012).

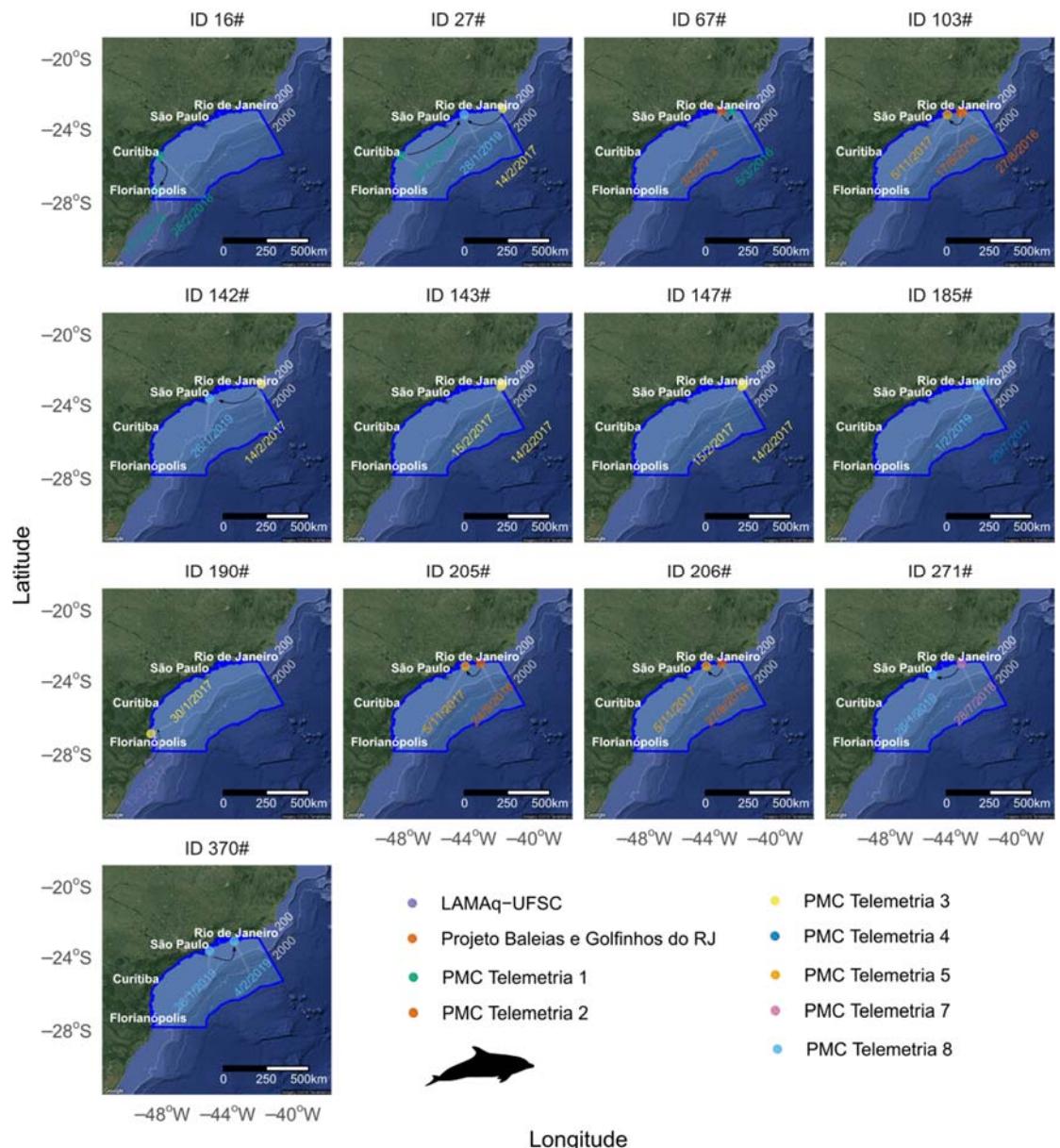
### ***Movimentos de *Tursiops truncatus****

A realização de treze reavistagens de *Tursiops truncatus* durante o PMC-BS aconteceram todas em regiões costeiras. A primeira reavistagem foi do indivíduo 16#, avistado em 25/02/2016 e depois em 17/03/2016, na mesma campanha, 100 km ao sul, em um deslocamento entre Paranaguá (PR) e Florianópolis (SC; **Figura V.2-48**). Já o indivíduo 27#, registrado também no dia 25/02/2016 nas proximidades de Paranaguá (PR), foi novamente registrado no dia 14/02/2017, quase um ano depois, aproximadamente 700 quilômetros ao norte do primeiro registro, próximo a Cabo Frio (RJ). Um terceiro registro ocorreu para esse indivíduo no dia 28/01/2019, nas proximidades de Ilha Grande (RJ; **Figura V.2-48**). Nota-se que os três registros do indivíduo 27#, bem como os registros do indivíduo 16#, ocorreram em áreas costeiras, embora a forma da nadadeira dorsal seja típica do ecótipo oceânico (COSTA et al., 2016). Isso sugere que o ecótipo oceânico utiliza áreas costeiras com frequência.

Outras seis reavistagens realizadas durante o PMC ocorreram na região entre Cabo Frio (RJ) e Ilhabela (SP). Os indivíduos 143#, 147#, 103#, 142#, 185#, 271#, 370# foram registrados mais de uma vez na área, sendo que alguns dos registros se deram nas proximidades do Arquipélago das Cagarras (RJ). Outros quatro indivíduos (67#, 103#, 205# e 206#), registrados uma única vez na faixa de costa entre Cabo Frio (RJ) e Ilhabela (SP) pelo PMC-BS, foram observados em múltiplas oportunidades pelo Projeto Baleias e Golfinhos do Rio de Janeiro (PBGRJ), geralmente próximos ao Arquipélago das Cagarras (RJ; **Figura V.2-48**). Tais registros reforçam a proposta de ocorrência de uma população com algum grau de fidelidade ao Arquipélago das Cagarras e adjacências (LODI et al. 2014; **Figura V.2-48**). Importante destacar que o indivíduo 142# foi observado no mesmo grupo do indivíduo 27#, que foi registrado um ano antes em Paranaguá (PR).

Assim, existe a possibilidade de que nem todos os registros realizados entre Cabo Frio (RJ) e Ilhabela (SP) sejam dessa população local, mas sim de populações oceânicas que realizam grandes movimentos e oportunisticamente se aproximam da costa. Como acima comentado, a forma da nadadeira dorsal desses indivíduos é nitidamente semelhante ao padrão do ecótipo oceânico, deixando evidente o aparente padrão de uso e movimento do ecótipo oceânico em áreas costeiras dessa faixa de costa.

Via comparação de catálogo também foi registrado um movimento de um indivíduo do ecótipo costeiro. O indivíduo 190# foi fotoidentificado em 30/01/2017 nas proximidades de Itajaí/SC (**Figura V.2-48**). Ele é observado sistematicamente desde 2007 pelo projeto de monitoramento da população residente de *Tursiops truncatus gephyreus* em Laguna/SC, aproximadamente 200 km ao sul, realizado pelo Laboratório de Mamíferos Aquáticos da Universidade Federal de Santa Catarina. O registro do PMC sugere que indivíduos da população residente de Laguna abandonam a área temporariamente. Embora possa ser um movimento ocasional, esta é uma novidade não observada pelos estudos que monitoram continuamente parâmetros populacionais daquela população e que têm sugerido um alto grau de residência ao Complexo Lagunar de Santo Antônio dos Anjos-Imaruí-Mirim (DAURA-JORGE et al. 2013), assim como os estudos genéticos que sugerem alto grau de isolamento desta população costeira (FRUET et al. 2014).



**Figura V.2-48:** Localização das reavistagens de *Tursiops truncatus* durante o PMC-BS.

A identificação de 14 *Tursiops truncatus* com transmissores satelitais na configuração LIMPET indica que esta é a espécie com o maior número de transmissores satelitais instalados até o momento. Os dados de dois indivíduos não foram transmitidos. O período de transmissão variou de 2 a 20 dias.

Dentre os 12 transmissores que funcionaram, 11 indivíduos foram marcados na região costeira e apenas um indivíduo foi marcado na região oceânica,

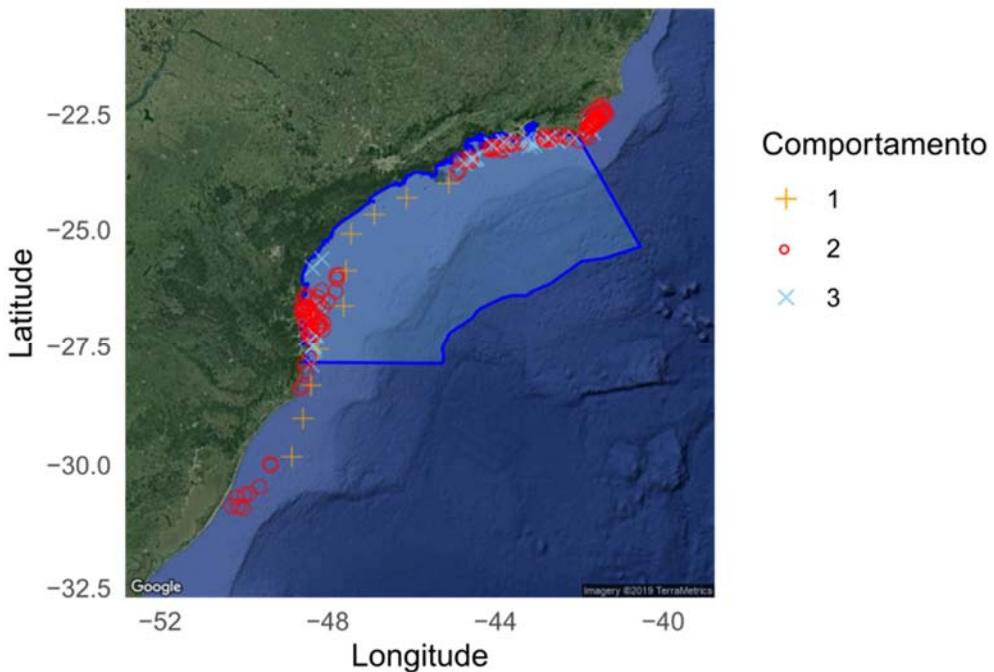
próximo do talude (147,5 metros de profundidade). A distância média percorrida foi de 58,3 km/dia, variando de 7,1 a 120,7 km/dia. A maioria dos animais marcados se movimentou ao longo da costa sul e sudeste da Bacia de Santos, entre 22,2° a 28,4°S; desses, três animais se movimentaram entre o Paraná e Santa Catarina (PTT 158551, marcado em 25/02/2016; PTT 162632, fêmea marcada em 24/02/2017; PTT 162637, marcado em 24/02/2017), um animal permaneceu ao longo da costa de Santa Catarina (PTT 158544, marcado em 17/03/2016), quatro animais se movimentaram ao longo da costa do Rio de Janeiro (PTT 162634 fêmea marcada em 14/02/2017; PTT 166663, marcado em 20/07/2017; PTT 34751, marcado em 30/03/2018; PTT 34754, marcado em 03/04/2018) e dois indivíduos se movimentaram entre a costa de São Paulo e Rio de Janeiro (PTT 166665, marcado em 30/03/2018; PTT 58017, marcado em 28/07/2018). O PTT 162631, marcado em 06/09/2016 próximo ao talude, foi monitorado apenas por quatro dias, período no qual se manteve na região. Apenas um indivíduo (PTT 162636), marcado em 28/07/2018, realizou um movimento de longa distância, percorrendo 1.810 km, com uma média de 120,7 km/dia. Seguiu em direção à costa do Rio Grande do Sul até a latitude de 31° S (**Figura V.2-49**).

Os indivíduos PTT 58017 e PTT 162636 foram marcados no mesmo grupo no inverno, na latitude 23,0598°S. Os dados sugerem que eles se mantiveram no mesmo grupo por pelo menos três dias e então se separaram. Cinco dias depois da marcação, o PTT 162636 realizou o deslocamento ao sul, até a latitude de 31° S, durante seis dias, e o PTT 58017 se movimentou para o norte, até a latitude de 22,914° S. Ambos permaneceram próximo à costa. O PTT 162632 e o PTT 162637 também foram marcados no mesmo grupo, no verão, próximo à Ilha de Florianópolis (27,3116° S). Os dados indicam que eles se mantiveram no mesmo grupo por pelo menos sete dias. O PTT 166665 também apresentou um movimento similar ao do PTT 34751. Tais indivíduos também foram marcados no mesmo grupo durante o verão na latitude de 23,0405° S. Neste caso, os dados indicam que a permanência no mesmo grupo se prolongou por pelo menos 11 dias, período no qual se movimentaram ao longo da costa.

Todos os indivíduos marcados tinham um padrão de coloração e formato da nadadeira dorsal típicos do ecótipo oceânico da espécie (SIMÕES-LOPES et al., 2019) e as biópsias, coletadas de indivíduos de todos os grupos, indicam que eles apresentam haplótipos do ecótipo oceânico na região controle do DNA mitocondrial. Portanto, tais dados reforçam que o ecótipo oceânico de *T. truncatus* realiza deslocamentos latitudinais de longa distância, com uma extensa área de vida ao longo da costa sul e sudeste do Brasil. O único indivíduo marcado na região oceânica transmitiu por um período bastante reduzido, o que dificultou a análise mais detalhada de seus movimentos.

Para o modelo hierárquico de estado-espacó foram utilizados os dados de nove indivíduos, que mantiveram mais de 30 posições após a retirada apenas dos pontos com qualidade Z. O modelo permitiu identificar a ocorrência dos dois padrões de movimentação classificados pelo modelo, sendo identificadas três áreas de uso intenso (ARS – *area restricted-search*), que provavelmente estão relacionadas a comportamentos alimentares, e duas áreas de deslocamento/movimentação, sendo uma no sul de São Paulo e outra no norte do Rio Grande do Sul (**Figura V.2-49**).

Esse resultado reforça a hipótese levantada pelos dados de fotoidentificação, ou seja, de que os animais provavelmente apresentem algum grau de fidelidade ao longo do litoral da Bacia de Santos.



**Figura V.2-49:** Padrões de movimentação estimados para *Tursiops truncatus* na Bacia de Santos pelo modelo hierárquico de estado-espacº aplicados aos dados obtidos pelos transmissores satelitais para nove indivíduos. Os padrões de movimentação estimados pelo modelo são 1 = Transiting (deslocamento); 2 = ARS (area restricted-search); a categoria 3 se refere aos pontos que não puderam ser classificados, considerados, portanto, indefinidos.

Todos os *matchs* de fotoidentificação, com exceção do indivíduo 190#, mostraram movimentos costeiros dentro das áreas de maior intensidade de uso identificadas pela telemetria satelital. Elas abrangem a região entre o sul do Rio de Janeiro e o norte de São Paulo e o Paraná e o norte de Santa Catarina. O indivíduo 27#, em específico, sugere um movimento semelhante ao registrado pelo PTT 161636, ou seja, cruzando a região entre as áreas de maior intensidade de uso. Não é possível, por ora, identificar um padrão claro de movimento que indique algum processo sazonal ou mesmo um evento condicionado ao movimento de presas específicas. Uma avaliação da sazonalidade e distribuição de atividades de pesca na área pode contribuir para se apontar qual ou quais presas poderiam estar motivando tais movimentos.

*Tursiops truncatus* é uma espécie de ampla distribuição. Ela ocorre em águas tropicais e temperadas, e ocupa uma variedade de habitats (LEATHERWOOD & REEVES, 1983), indicando um ecótipo costeiro e um oceânico. Sabe-se que populações do ecótipo costeiro podem realizar grandes deslocamentos, de até 670 km (WELLS et al., 1990). Em regiões oceânicas, os movimentos podem chegar a 4.200 km (WELLS et al., 1999). No Atlântico Sul Ocidental, os dois ecótipos foram recentemente reconhecidos como duas subespécies: *Tursiops truncatus truncatus* (ecótipo oceânico) e *T. t. gephyreus* (ecótipo costeiro) (COSTA et al., 2016). No Brasil, a espécie está distribuída de forma contínua ao longo da costa de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, onde o ecótipo costeiro forma populações residentes em quatro diferentes sistemas estuarinos, desde Laguna, SC, até a Lagoa dos Patos, RS (SIMÕES-LOPES & FABIÁN, 1999; FRUET et al., 2011), sendo estas as mais conhecidas em todo o Atlântico Sul Ocidental. Contudo, a espécie está presente em todo o litoral brasileiro (LODI et al., 2016).

Por meio da fotoidentificação já foram descritos movimentos de indivíduos do ecótipo costeiro a uma distância de até 314 km, entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina (MOLLER et al., 1994; SIMÕES-LOPES & FABIÁN, 1999). No litoral do Rio de Janeiro, já houve o registro do deslocamento de oito indivíduos por uma distância de 100 km ao longo da costa (LODI et al., 2008). Em Florianópolis (SC), também há registros de grupos com até 200 indivíduos próximos à costa (WEDEKIN et al., 2008). Para a região oceânica, há registros pontuais de ocorrência da espécie, não havendo informações disponíveis sobre os padrões de distribuição e movimento destas populações (BARACHO et al., 2007; CREMER et al., 2009; CARVALHO & ROSSI-SANTOS, 2010; WEDEKIN et al., 2014). Aqui se registrou um movimento de 700 km (no mínimo) para o indivíduo do ecótipo oceânico (ID27#), registrado via reavistagem de fotoidentificação, e um movimento de 1.810 km, também de um indivíduo do ecótipo oceânico (PTT 162636), registrado via transmissão satelital; um movimento 200 km (no mínimo) foi registrado via fotoidentificação para um indivíduo costeiro (ID190#).

### Movimentos de *Stenella frontalis*

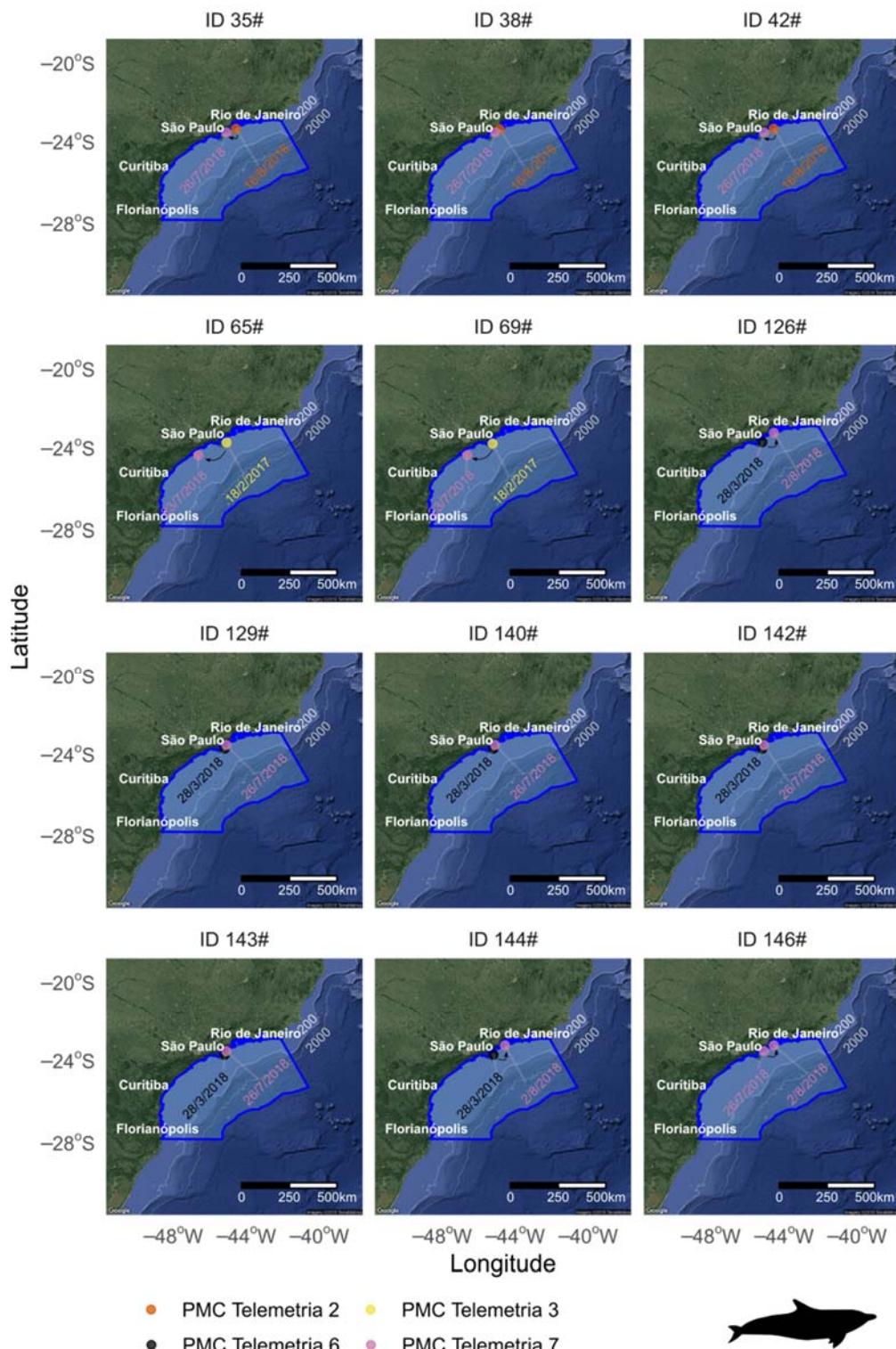
O primeiro *match* de *Stenella frontalis*, indivíduo 83#, ocorreu somente no terceiro ano, embora seja uma das espécies mais frequentes nos registros de fotoidentificação e comum ao longo da plataforma continental (MORENO et al., 2005). O primeiro registro ocorreu em 25/07/2017, enquanto o segundo ocorreu em 28/03/2018 (**Figura V.2-50**). Apesar do intervalo de nove meses entre um registro e outro, a distância entre eles foi de apenas 30 km, sugerindo que uma mesma área foi revisitada em momentos subsequentes.

A 7ª Campanha de Telemetria apontou uma população de mais 13 *matchs* de *Stenella frontalis* (**Figura V.2-50**). Os indivíduos 35#, 42# e 38# foram registrados no mesmo grupo nas proximidades de Paraty (RJ) e dois anos depois nas proximidades da Ilha Anchieta, em Ubatuba (SP), a 65 km de distância, também no mesmo grupo. Os indivíduos 65# e 69# foram registrados nas proximidades de Ilhabela (SP) e 17 meses depois ao sul de Santos (SP), a 170 km de distância. Os indivíduos 126#, 129#, 140#, 142# e 143# foram observados no mesmo grupo nas proximidades de Ilhabela, e quatro meses depois reavistados a 45 km de distância, nas proximidades da Ilha Anchieta, Ubatuba (SP). O indivíduo 144# foi registrado no mesmo grupo dos indivíduos 126#, 129#, 140#, 142# e 143#, nas proximidades de Ilhabela, e reavistado cinco meses depois, a 100 km de distância, nas proximidades de Paraty (RJ). Por fim, o indivíduo 146# foi avistado nas proximidades de Paraty (RJ) e, no mês seguinte, nas proximidades da Ilha Anchieta, Ubatuba (SP).

Existe a possibilidade de tais registros tratarem do mesmo grupo ou, no máximo, 2 ou 3 grupos diferentes, que aparentemente visitam essa área costeira próxima a Ilhabela (SP) tanto no verão quanto no inverno. Todos os *matchs* da 7ª Campanha de Telemetria ocorreram nessa área, mesmo com intervalos entre a primeira e a segunda observação em período de até 2 anos, reforçando a ideia de uma relação com o ambiente costeiro (*cf.* MORENO et al., 2005).

No entanto, ao observar os registros de ocorrência da espécie pelo PMC-BS, nota-se uma distribuição ampla ao longo de toda a Bacia de Santos. Assim, os *matchs* aqui observados podem indicar a ocorrência de uma (ou mais)

unidade populacional costeira, com algum grau de residência e/ou de fidelidade à área adjacente a Ilhabela (SP).



**Figura V.2-50:** Localização das reavistagens de *Stenella frontalis* durante o PMC-BS.

## V.3 Biologia populacional

### V.3.1 Estimativas de densidade e abundância de cetáceos

A densidade e a abundância são dois parâmetros demográficos básicos para a descrição de populações animais. O monitoramento populacional consiste de mensurar repetidamente ao longo do tempo a densidade e abundância de populações de interesse. As tendências na abundância de uma espécie ou grupo de animais no decorrer do tempo refletem a saúde da população e sua resiliência a potenciais danos causados pelo homem ao seu ambiente ou diretamente aos indivíduos.

Uma abordagem robusta para estimar parâmetros populacionais, como densidade, é o método de transecções lineares com amostragem de distâncias (BUCKLAND et al., 2001). Uma vantagem é que este método lida com um problema comum em amostragens de populações animais, que é a detecção imperfeita. Um dos potenciais problemas em contagens ao longo de linhas de transecção é o fato de que a detectabilidade diminui com a distância do observador. Este método procura corrigir esse viés considerando o processo de detecção de grupos e a influência da distância e outras variáveis segundo uma função/curva de detecção ajustada aos dados.

Este item apresenta as estimativas de densidade e de abundância em campanhas de avistagem embarcada e aérea em quatro anos de esforço na Bacia de Santos pelo PMC.

#### Análise dos dados

Para as campanhas de avistagem embarcada, a distância radial de cada grupo de cetáceo foi calculada de acordo com o ângulo horizontal da avistagem e a altura dos observadores na torre de observação (7 metros). A leitura do número de retículos de binóculos 7x50 permitiu a obtenção do ângulo segundo as conversões de retículos disponíveis na literatura que consideram a curvatura da Terra (LERCZAK & HOBBS, 1998; KINZEY & GERRODETTE, 2001). A distância perpendicular da detecção em relação à linha de transecção, que foi

usada para modelar a curva de detecção, foi estimada usando a distância radial do grupo calculada pelo retículo e o ângulo horizontal entre a avistagem e a rota do navio, medida por uma alidade.

A abordagem para estimar a distância perpendicular em campanhas de avistagem aérea foi semelhante, porém mais simples. A distância do grupo ocorreu quando o mesmo estava perpendicular à aeronave, dispensando a mensuração da distância radial. A diferença é que o ângulo vertical foi medido com um clinômetro, que foi usado para obter a distância perpendicular considerando a altura de sobrevoo da aeronave.

No caso das campanhas de avistagem aérea ainda é preciso lidar com a questão dos observadores independentes. Em cada bordo da aeronave, dois observadores realizam o esforço de busca por cetáceos e registro dos grupos avistados de maneira independente, sem qualquer contato entre eles. Dessa forma, é necessário que as avistagens coincidentes entre observadores do mesmo bordo sejam identificadas e contabilizadas uma única vez na análise dos dados, evitando assim inflar as estimativas. A identificação das avistagens coincidentes é feita a cada troca de posição dos observadores, seja no meio ou no fim da linha de transecção. Para determinar uma avistagem coincidente, os observadores do mesmo bordo conferem as seguintes informações: horário da avistagem (a diferença entre registros não deve ultrapassar 10 segundos), ângulo vertical (a diferença entre registros não deve ultrapassar 10 graus), compatibilidade de identificação taxonômica entre observadores, tamanho e comportamento do grupo.

Os modelos de detecção foram construídos com os dados de distância perpendicular das detecções usando o programa *Distance* (THOMAS et al., 2010). Antes da modelagem, as observações mais distantes foram eliminadas (truncagem de dados à direita), de acordo com a inspeção dos histogramas de distâncias das detecções. No caso das campanhas de avistagem aérea, também foi feita uma truncagem de dados à esquerda visando corrigir o pico de observações longe da distância zero como consequência do viés de observação executada de aeronaves. O teste de modelos que consideram diferentes fatores foram inseridos nos modelos de detecção como covariáveis, já que eles podem

afetar a distância com que os cetáceos são observados (MARQUES & BUCKLAND, 2004). Foram testadas duas funções básicas de detecção: curva meia-normal e curva taxa-de-risco, além de ajustes de série visando melhorar o ajuste das funções de detecção (cosseno, polinomial simples e polinomial de Hermite).

A escolha do modelo ideal baseou-se no menor valor de AIC – Critério de Informação de Akaike (BURNHAM & ANDERSON, 2002), que considera o bom ajuste do modelo aos dados e penaliza pelo número de parâmetros no modelo. A diferença no AIC do melhor modelo (Delta AIC = 0) para os demais, que constitui o Delta AIC, determina quais modelos são mais plausíveis. Um Delta AIC de até dois indica os modelos que devem ser considerados como os melhores.

Foram consideradas diferentes covariáveis nos modelos para a curva de detecção em campanhas embarcadas e aéreas (Tabela V.3 1). Como estratégia de modelagem, partiu-se do modelo nulo (mais simples) e posteriormente adicionou-se uma ou no máximo duas covariáveis por modelo.

**Tabela V.3-1:** Variáveis utilizadas para modelar a curva de detecção durante as Campanhas de Avistagem Embarcada e Aérea do PMC-BS.

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	EMBARCADA	AÉREA
<b>Meio de detecção</b>	Olho nu, Binóculo 7x50, Binóculo 15x50	X	
<b>Pista de detecção</b>	Borrifo, corpo ou comportamento aéreo	X	X
<b>Visibilidade</b>	Péssima, Ruim, Boa, Excelente	X	X
<b>Estado do mar</b>	1 a 5 na escala Beaufort como variável contínua ou categórica	X	X
<b>Reflexo do sol</b>	Percentual do través até a proa dos dois bordos com reflexo do sol	X	X
<b>Cobertura de nuvens</b>	Percentual do céu encoberto	X	X
<b>Estado do tempo</b>	Bom, Parcialmente nublado, Nublado sem chuva, Chuva fraca	X	
<b>Profundidade</b>	Profundidade da detecção em metros	X	
<b>Altura do sobrevoo</b>	Altura de sobrevoo da aeronave		X

#### *Estimativas em campanhas de avistagem embarcada*

Um total de 488 linhas de transecção percorridas em oito campanhas foi considerado para as análises, somando 23.683,6 milhas náuticas percorridas na Bacia de Santos (**Tabela V.3-2**). Com os dados de avistagem embarcada foi possível estimar a densidade e a abundância para misticetos e delfinídeos, além de outras três espécies que tinham amostra suficiente para rodar os modelos: baleia-jubarte, golfinho-pintado-do-Atlântico e golfinho-nariz-de-garrafa.

**Tabela V.3-2:** Esforço amostral e dados sobre avistagens de cetáceos observados durante as campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS. Camp = campanha; mn = milhas náuticas; DP = desvio padrão.

Camp	Estação do ano	Linhos de transecção	Esforço (mn)	Grupos			Indivíduos		Tamanho de grupo	
				Cetáceos (total)	Mysticeti	Odontoceti	Total	Indivíduos por mn	Média ± DP	Min - Máx
1	Primavera / verão	57	2.767,2	47	7	36	335	0,121	7,1 ± 10,8	1 - 50
2	Outono	67	2.941,4	76	28	36	1215	0,413	16,0 ± 36,1	1 - 200
3	Primavera	53	2.996,3	115	44	51	499	0,167	4,3 ± 6,7	1 - 40
4	Verão / outono	70	2.988,2	56	7	43	860	0,288	15,4 ± 25,5	1 - 100
5	Inverno / primavera	58	2.957,1	119	72	36	1334	0,451	11,2 ± 65,1	1 - 700
6	Verão	62	3.053,8	68	5	62	1284	0,420	18,9 ± 31,0	1 - 200
7	Inverno / primavera	68	2.862,1	154	95	42	1184	0,414	7,7 ± 27,2	1 - 300
8	Verão	53	3.117,5	84	8	73	1669	0,535	20,0 ± 42,0	1 - 300
<b>TOTAL</b>		<b>488</b>	<b>23.683,6</b>	<b>719</b>	<b>266</b>	<b>379</b>	<b>8380</b>	<b>0,354</b>	<b>11,7 ± 37,1</b>	<b>1 - 700</b>
<b>MÉDIA</b>		<b>61</b>	<b>2960,5</b>	<b>89,9</b>	<b>33,25</b>	<b>47,4</b>	<b>1047,5</b>			

Todas as observações a uma distância maior que 2.000 metros da linha de transecção foram eliminadas nos dados de misticetos. A construção de um total de 13 modelos auxiliou a curva de detecção de misticetos na Bacia de Santos (**Tabela V.3-3**). O modelo ideal teve como variáveis explanatórias o estado do mar na escala Beaufort (como variável categórica) e a pista de detecção. Tal modelo prevê que a distância de detecção diminui conforme aumenta a agitação do mar, com incremento da força do vento e da ondulação. O melhor modelo também prevê que borrifos e comportamentos aéreos são observados a uma distância maior que a detecção por visualização do corpo do animal (como o dorso ou a nadadeira dorsal).

**Tabela V.3-3:** Modelos de detecção para misticetos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike).  $k$  = número de parâmetros.

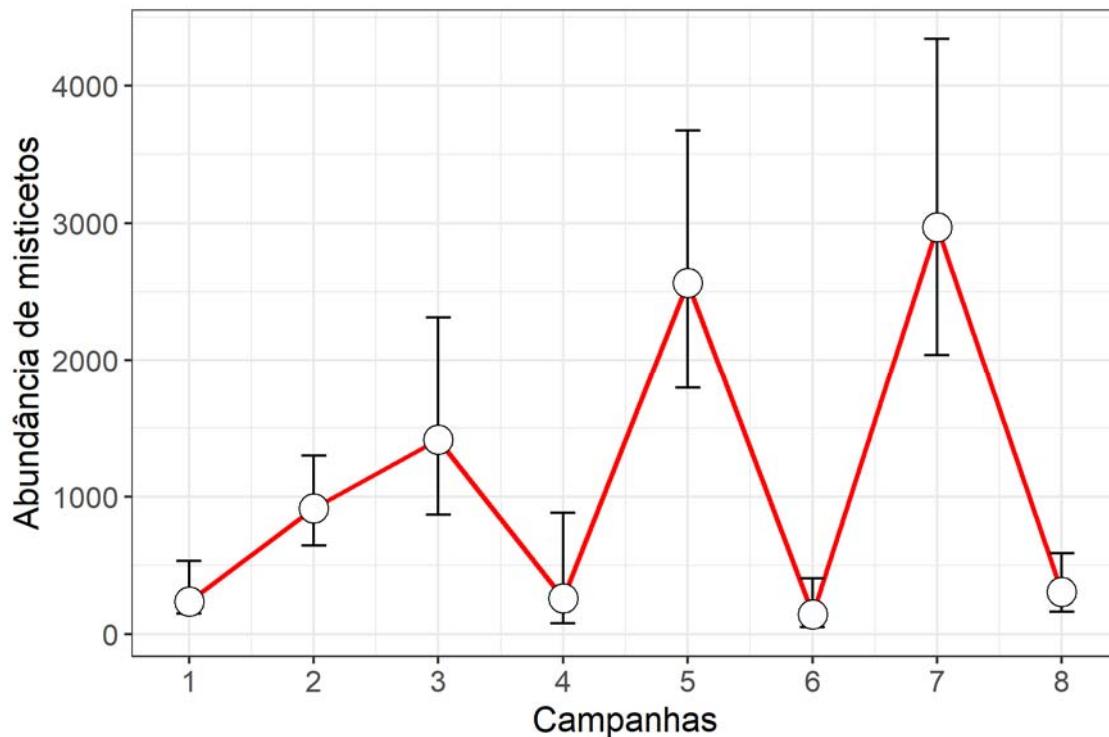
Modelo	<b>k</b>	<b>AIC</b>	<b>Delta AIC</b>
Beaufort (categórica) + Pista de detecção	8	3.513,2	0,0
Beaufort (categórica)	6	3.515,8	2,6
Pista de detecção	3	3.523,6	10,4
Nulo	2	3.524,4	11,1
Visibilidade (contínua)	2	3.526,2	13,0
Reflexo	2	3.526,9	13,7
Meio de detecção	3	3.527,0	13,8
Táxon	10	3.527,0	13,8
Nuvens	2	3.528,1	14,8
Profundidade	2	3.528,5	15,3
Tempo (contínua)	2	3.528,7	15,5
Beaufort (contínua)	2	3.530,0	16,8
Tempo (categórica)	5	3.534,7	21,5

A densidade estimada de misticetos variou nas campanhas entre 0,06 a 1,13 indivíduos por 100 km<sup>2</sup> (**Tabela V.3-4**). A abundância e a densidade de grandes baleias variaram substancialmente entre as campanhas, com forte sazonalidade na frequência dos grupos e nas estimativas de abundância (**Figura V.3-1**). As

campanhas que ocorreram no inverno e início da primavera (campanhas 5 e 7) foram as que apresentaram maior densidade e abundância de misticetos.

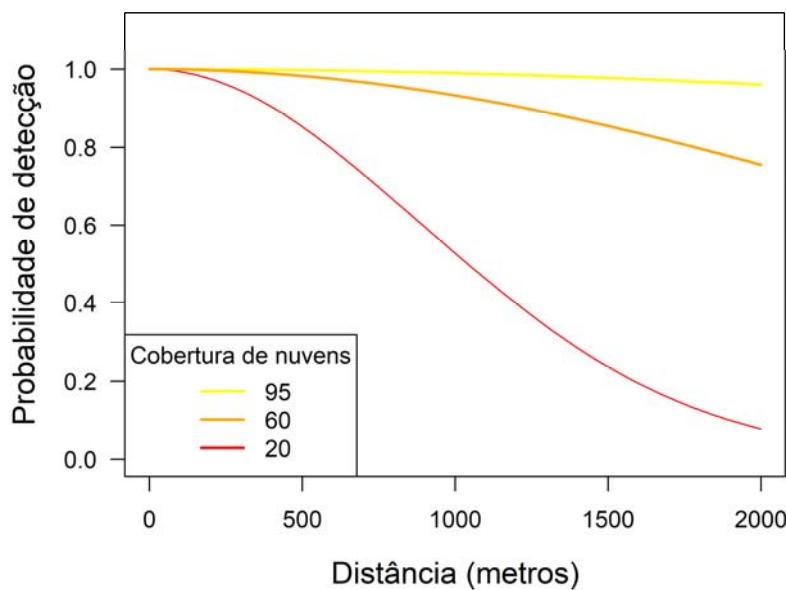
**Tabela V.3-4:** Estimativa de densidade e abundância de misticetos durante as campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS.  
Camp = campanha; n = número de detecções; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.

Camp	n	Densidade		Abundância			CV%
		Indivíduos / 100 km <sup>2</sup>	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV%	
1	7	0,108	0,06 - 0,20	283	151 – 531	31,6	
2	24	0,348	0,25 - 0,49	917	647 – 1.301	17,6	
3	38	0,538	0,33 - 0,88	1.418	868 – 2.314	24,5	
4	7	0,100	0,03 - 0,34	263	78 – 882	65,2	
5	68	0,974	0,68 - 1,39	2.565	1.792 – 3.672	18,0	
6	4	0,056	0,02 - 0,15	147	53 – 408	53,4	
7	82	1,129	0,77 - 1,65	2.972	2.037 – 4.338	19,0	
8	8	0,117	0,06 - 0,22	309	163 – 587	32,2	



**Figura V.3-1:** Abundância de misticetos observados ao longo das Campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS.

O melhor modelo de detecção para a baleia-jubarte considerou a cobertura de nuvens como covariável. Quanto maior a cobertura de nuvens, maior foi a distância de detecção da espécie (**Figura V.3-2**). Foram feitas estimativas para as campanhas com avistagens, que também tiveram alta variação sazonal (**Tabela V.3-5**). Não houve avistagens da espécie nas campanhas 1, 4 e 6 que, portanto, não foram consideradas nas análises. As duas campanhas que abrangeram o final do inverno e início da primavera também foram as que apresentaram maior abundância da espécie, chegando a uma estimativa de 1.676 baleias-jubarte usando as águas da Bacia de Santos. A baleia-jubarte foi o misticeto mais abundante, com sua população chegando a corresponder a 48,8% e 56,4% do total de misticetos nas campanhas 5 e 7, respectivamente.



**Figura V.3-2:** Curva de detecção da baleia-jubarte nas Campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS.

**Tabela V.3-5:** Estimativa de densidade e abundância da baleia-jubarte durante as campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS.

Camp = campanha; n = número de detecções; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.

Camp	n	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km <sup>2</sup>	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV%
2	5	0,073	0,03 - 0,18	192	76 – 486	48,0
3	14	0,199	0,11 - 0,37	525	282 – 977	31,3
5	33	0,475	0,34 - 0,67	1.251	889 – 1.762	17,3
7	46	0,636	0,38 - 1,05	1.676	1.013 – 2.774	25,4
8	1	0,015	0 - 0,08	39	70 - 214	99,9

Todas as observações mais distantes que 1.000 metros da linha de transecção foram eliminadas nos dados de detecção de delfinídeos. A construção de um total de 12 modelos utilizando diferentes covariáveis auxiliou a detecção (Tabela V.3-6). O melhor modelo considerou o táxon como variável importante afetando a distância das detecções.

**Tabela V.3-6:** Modelos de detecção para delfinídeos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike). k = número de parâmetros.

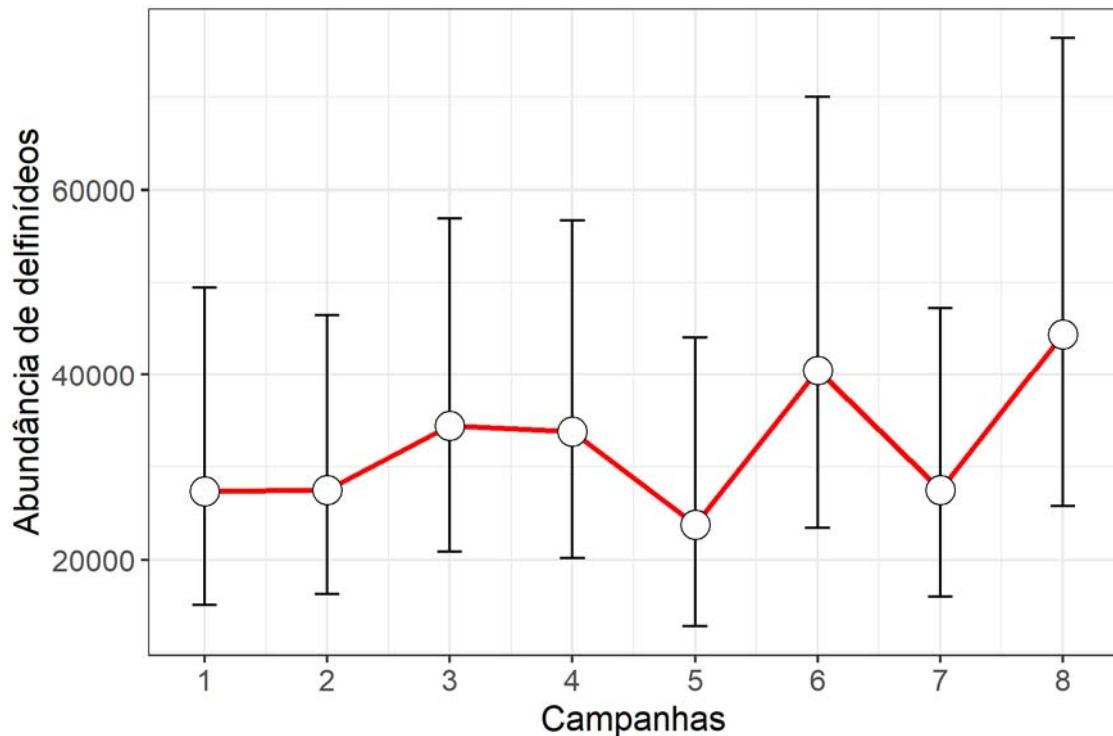
Modelo	k	AIC	Delta AIC
Táxon	15	30,0	0,0
Meio de detecção	3	3.918,9	3.888,9
Nulo	2	3.930,3	3.900,3
Visibilidade (contínua)	2	3.945,4	3.915,4
Beaufort (categórica)	7	3.948,3	3.918,3
Beaufort (contínua)	2	3.951,0	3.921,0
Reflexo	2	3.956,6	3.926,6
Tempo (categórica)	4	3.966,4	3.936,4
Nuvens	2	3.966,9	3.936,9
Tempo (contínua)	2	3.967,8	3.937,8
Pista de detecção	3	3.968,6	3.938,6
Profundidade	2	3.972,7	3.942,7

As estimativas de abundância de delfinídeos oscilaram de 23 a 44 mil indivíduos ao longo das campanhas do PMC (**Tabela V.3-7; Figura V.3-3**). As campanhas realizadas no verão apresentaram as maiores abundâncias, enquanto as realizadas no final do inverno e início da primavera mostraram as menores densidades.

**Tabela V.3-7:** *Estimativa de densidade e abundância de delfinídeos durante as campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS.*

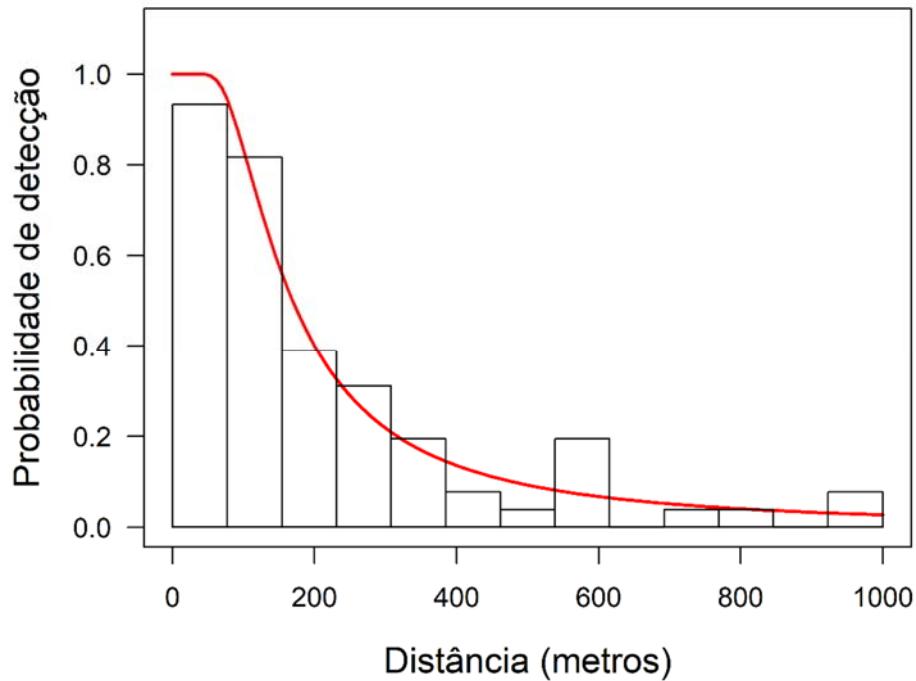
*Camp = campanha; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.*

Camp	n	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km <sup>2</sup>	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV%
1	30	10,4	5,75 - 18,78	27.359	15.133 – 49.465	30,6
2	32	10,5	6,20 - 17,66	27.547	16.317 – 46.504	27,0
3	41	13,1	7,91 - 21,62	34.442	20.834 – 56.938	25,9
4	40	12,8	7,66 - 21,55	33.821	20.160 – 56.740	26,7
5	28	9,0	4,88 - 16,72	23.785	12.848 – 44.033	31,8
6	49	15,4	8,89 - 26,59	40.491	23.412 – 70.030	28,3
7	34	10,4	6,08 - 17,94	27.492	16.002 – 47.234	28,0
8	51	16,9	9,80 - 29,01	44.408	25.817 – 76.386	28,0



**Figura V.3-3:** Abundância de delfinídeos observados ao longo das Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC-BS.

Entre os delfinídeos, foi possível estimar a densidade e abundância do golfinho-pintado-do-Atlântico e do golfinho-nariz-de-garrafa. As detecções mais distantes que 1.000 metros da linha de transecção foram eliminadas para a realização da estimativa do golfinho-pintado-do-Atlântico. O melhor modelo para a espécie foi a curva meia-normal sem nenhuma covariável afetando a distância de detecção. A abundância estimada variou entre as campanhas de 9.256 a 30.351 indivíduos (Tabela V.3-8).

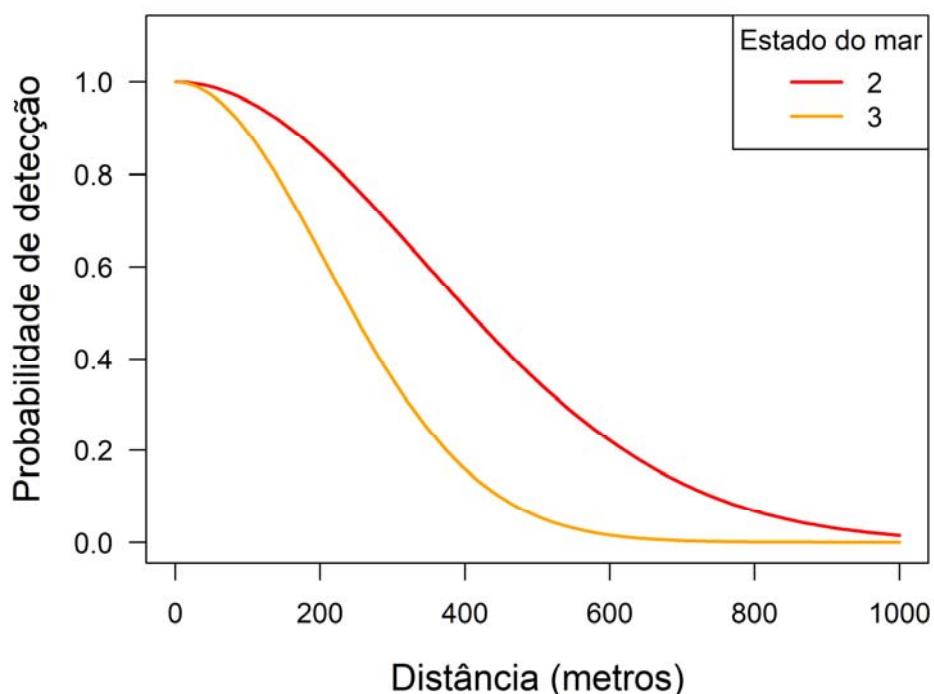


**Figura V.3-4:** Curva de detecção do golfinho-pintado-do-Atlântico nas Campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS.

**Tabela V.3-8:** Estimativa de densidade e abundância do golfinho-pintado-do-Atlântico durante as campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS. Camp = campanha; n = número de detecções; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.

Camp	n	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km <sup>2</sup>	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV%
1	7	4,5	1,36 - 14,62	11.724	3.570 – 38.496	63,9
2	9	5,4	2,64 - 11,04	14.228	6.960 – 29.083	36,9
3	6	3,5	1,70 - 7,26	9.256	4.479 – 19.127	37,4
4	15	8,8	5,13 - 15,26	23.291	13.497 – 40.194	28,1
5	6	3,6	1,53 - 8,28	9.360	4.017 – 21.810	44,0
6	20	11,5	5,43 - 24,48	30.351	14.288 – 64.473	39,0
7	3	1,7	0,47 - 6,06	4.455	1.244 – 15.958	69,9
8	14	8,5	4,06 - 17,79	22.387	10.697 – 46.853	38,1

As detecções do golfinho-nariz-de-garrafa mais distantes que 1.000 metros da linha de transecção foram eliminadas. O melhor modelo para a espécie considerou o estado do mar na escala Beaufort afetando a distância de detecção (**Figura V.3-5**). Em mares mais calmos (Beaufort 2), a probabilidade de detecção a distâncias maiores da linha de transecção foi superior a mares mais agitados. A abundância da espécie variou entre as campanhas de 2.915 a 10.459 indivíduos (**Tabela V.3-9**).



**Figura V.3-5:** Curva de detecção do golfinho-nariz-de-garrafa nas Campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC-BS.

**Tabela V.3-9:** Estimativa de densidade e abundância do golfinho-nariz-de-garrafa durante as campanhas de Avistagem Embarcada em quatro anos do PMC - BS. Camp = campanha; n = número de detecções; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.

Camp	n	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km <sup>2</sup>	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV%
1	2	1,19	0,39 - 3,6	3.130	1.032 – 9.492	59,4
2	3	1,68	0,68 - 4,17	4.432	1.789 – 10.977	47,8
3	3	1,64	0,63 - 4,27	4.324	1.663 – 11.247	50,4
4	4	2,20	0,71 - 6,89	5.804	1.857 – 18.134	61,6
5	2	1,11	0,29 - 4,22	2.915	764 – 11.120	74,1
6	5	2,69	1,16 - 6,25	7.090	3.053 – 16.467	44,1
7	4	2,11	0,78 - 5,72	5.550	2.046 – 15.058	53,1
8	7	3,97	1,69 - 9,34	10.459	4.450 – 24.584	44,7

#### Estimativas em campanhas de avistagem aérea

Nas oito primeiras campanhas de avistagem aérea foram amostradas 130 linhas de transecção, totalizando 45.734,21 km de esforço de procura por cetáceos (**Tabela V.3-10**). Os dados obtidos nessas campanhas de avistagem aérea permitiram estimar a densidade e abundância para misticetos e delfinídeos. Foram avistados 530 grupos de cetáceos no total, sendo 124 de misticetos e 258 de delfinídeos.

**Tabela V.3-10:** Esforço amostral e dados sobre avistagens de cetáceos observados durante as campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC-BS. Camp = campanha; km = quilômetros; DP = desvio padrão.

Camp	Estação do ano	Linhas de transecção	Esforço <sup>1</sup> (km)	Grupos <sup>2</sup>			Indivíduos		Tamanho de grupo	
				Cetáceos (total)	Mysticeti	Odontoceti	Total	Indivíduos por km	Média ± DP	Min - Máx
1	Primavera	17	5.750,95	49	5	38	818	0,142	16,69 ± 71,92	1 - 500
2	Outono	16	5.756,76	74	11	58	2588	0,450	35,11 ± 82,02	1 - 500
3	Primavera	16	5.666,33	58	21	32	972	0,172	16,76 ± 34,79	1 - 150
4	Verão	16	5.731,41	24	5	18	358	0,062	14,92 ± 28,38	1 - 100
5	Primavera	16	5.705,39	56	11	43	682	0,120	12,18 ± 26,69	1 - 140
6	Outono	16	5.665,00	83	9	63	1197	0,211	14,42 ± 34,72	1 - 200
7	Inverno	16	5.680,13	120	59	54	574	0,101	4,78 ± 10,21	1 - 50
8	Verão	17	5.778,24	66	3	53	1204	0,208	18,24 ± 30,93	1-150
<b>TOTAL</b>		<b>130</b>	<b>45.734,21</b>	<b>530</b>	<b>124</b>	<b>359</b>	<b>8393</b>	<b>0,183</b>	<b>15,75 ± 45,23</b>	<b>1 - 500</b>
<b>MÉDIA</b>		<b>16,25</b>	<b>5.716,78</b>	<b>66,25</b>	<b>15,5</b>	<b>44,87</b>	<b>1.049,12</b>			

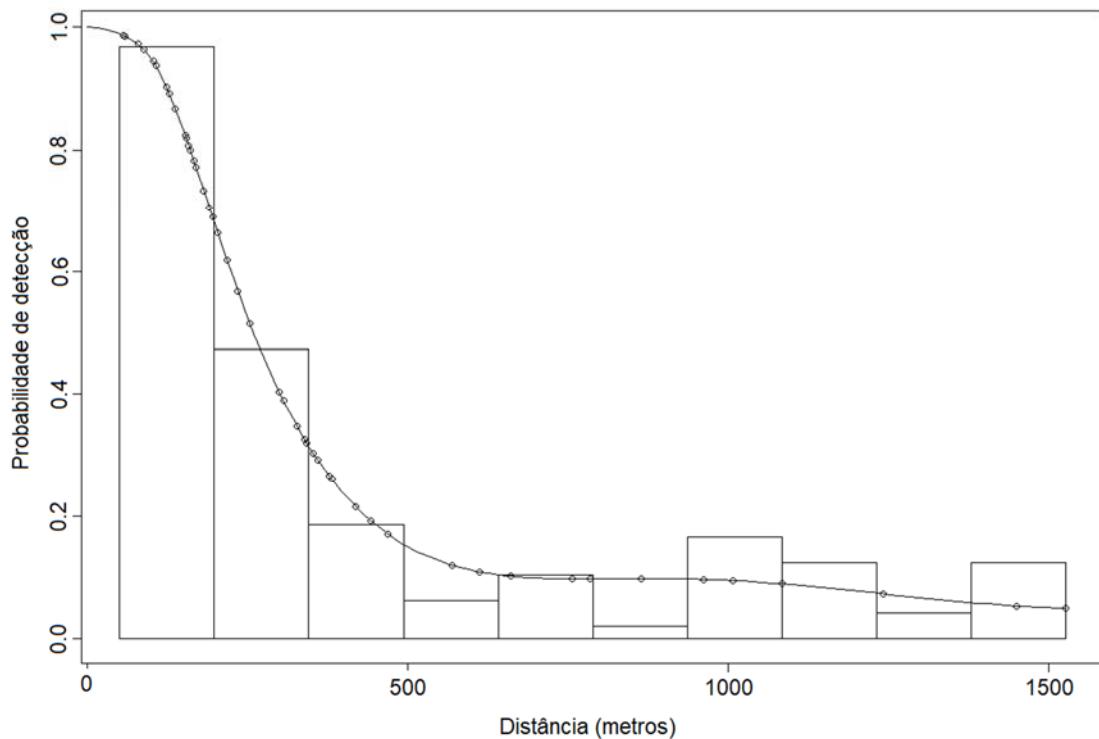
<sup>1</sup> Esforço de procura por cetáceos nas linhas de transecção. Não inclui as manobras para rodízio dos observadores e registros fotográficos.

<sup>2</sup> Considera os registros feitos pelos quatro observadores, descontando as avistagens coincidentes.

Todas as observações com distâncias menores que 50 metros e maiores que 1.530 metros da linha de transecção foram eliminadas dos dados de misticetos, restando 110 observações. Foram considerados 11 modelos para a curva de detecção de misticetos na Bacia de Santos (**Tabela V.3-11**). Os valores de AIC indicaram que os modelos nulos, sem variáveis explanatórias, foram os que melhor se ajustaram aos dados (**Figura V.3-6**).

**Tabela V.3-11:** Modelos de detecção para misticetos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike).  $k$  = número de parâmetros.

Modelo	k	AIC	Delta AIC
Nulo – Taxa de risco	4	1.506,8	0,0
Nulo – Uniforme	5	1.507,5	0,8
Nulo – Meia-normal	4	1.507,8	1,0
Reflexo	2	1.532,4	25,6
Visibilidade (categórica)	4	1.533,7	26,9
Visibilidade (contínua)	2	1.536,5	29,7
Altitude da aeronave	2	1.550,6	43,8
Nuvens	2	1.552,3	45,5
Beaufort (categórica)	5	1.552,3	45,5
Beaufort (contínua)	2	1.552,8	46,1

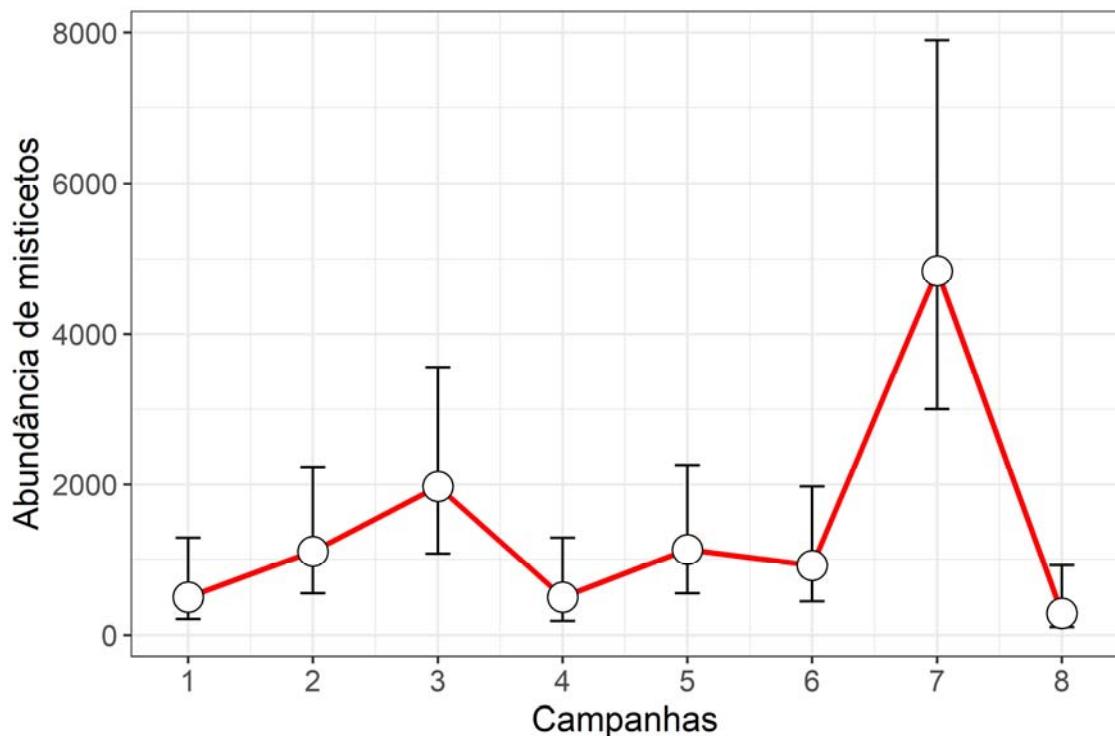


**Figura V.3-6:** Curva de detecção taxa de risco de um modelo ajustado aos dados de misticetos observados durante as Campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC-BS.

A densidade estimada de misticetos variou de 0,11 a 1,84 indivíduos por 100 km<sup>2</sup> (Tabela V.3-12). A campanha que abrangeu o inverno (Campanha 7) foi a que apresentou maior abundância de misticetos, e as campanhas que abrangeram o verão e final da primavera (Campanhas 1, 4 e 8) foram as que mostraram as menores abundâncias (Figura V.3-7).

**Tabela V.3-12:** Estimativa de densidade e abundância de misticetos durante as campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC-BS. Camp = campanha; n = número de detecções; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.

Camp	n	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km <sup>2</sup>	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV%
1	5	0,19	0,08 – 0,49	533	213 – 1.337	49,04
2	11	0,42	0,21 – 0,85	1.171	584 – 2.349	36,24
3	19	0,75	0,41 – 1,35	2.056	1.138 – 3.712	30,51
4	5	0,19	0,07 – 0,49	535	213 – 1.341	49,04
5	11	0,43	0,21 – 0,86	1.182	589 – 2.371	36,24
6	9	0,35	0,17 – 0,75	974	463 – 2.050	38,93
7	47	1,84	1,14 – 3,00	5.073	3.124 – 8.238	24,85
8	3	0,11	0,04 – 0,35	318	104 – 972	61,14

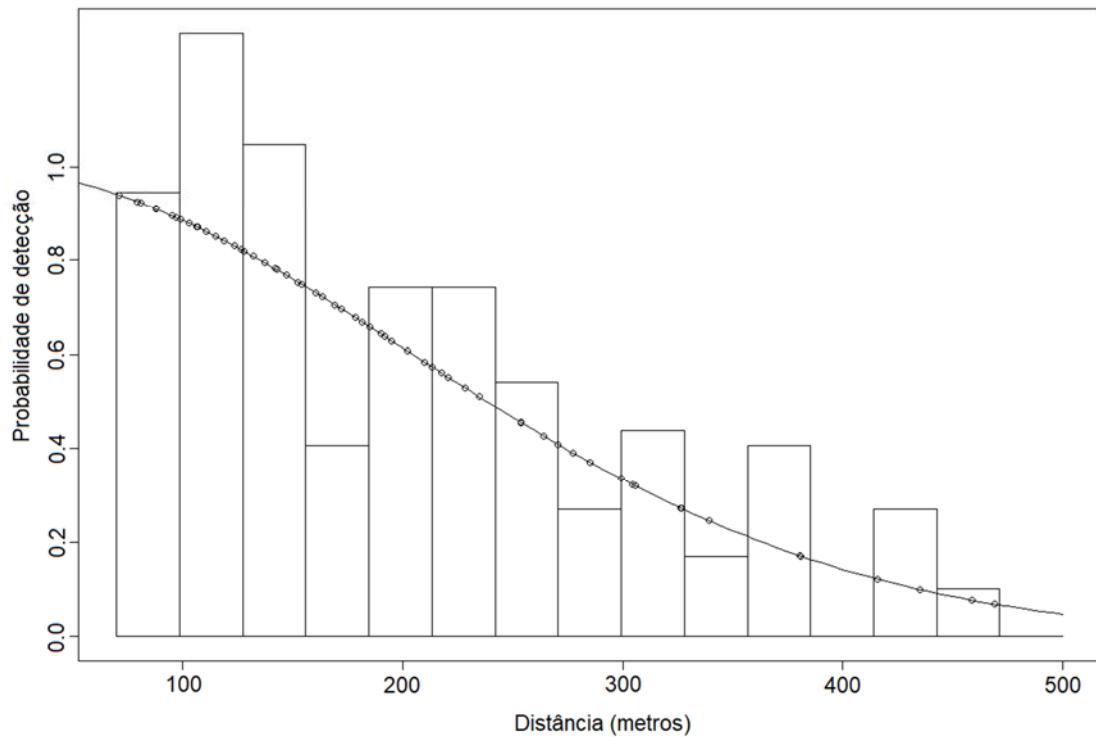


**Figura V.3-7:** Abundância de misticetos observados ao longo das campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC-BS.

Todas as observações com distâncias menores que 70 metros e maiores que 500 metros da linha de transecção foram eliminadas para a construção da curva de detecção de delfinídeos, restando 218 observações. Com base nesses dados, foram construídos 11 modelos de detecção (**Tabela V.3-13**). Os valores de AIC indicaram três modelos plausíveis: os modelos que tinham como variável explanatória o estado do mar (como variável categórica) ou a altura da aeronave, e o modelo nulo com a curva meia-normal. Para a estimativa optou-se pelo modelo mais simples, o modelo nulo (**Figura V.3-8**).

**Tabela V.3-13:** Modelos de detecção para delfinídeos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike).  $k$  = número de parâmetros.

Modelo	$k$	AIC	Delta AIC
Beaufort (categórica)	5	2.536,7	0,00
Altitude da aeronave	2	2.537,5	0,83
Nulo – Meia-normal	1	2.538,7	2,00
Nuvens	2	2.538,9	2,22
Visibilidade (contínua)	2	2.539,0	2,37
Beaufort (contínua)	2	2.539,0	2,38
Nulo – Uniforme	1	2.540,4	3,76
Visibilidade (categórica)	4	2.540,6	3,98
Reflexo	2	2.540,7	4,00
Nulo – Taxa de risco	3	2.540,9	4,28

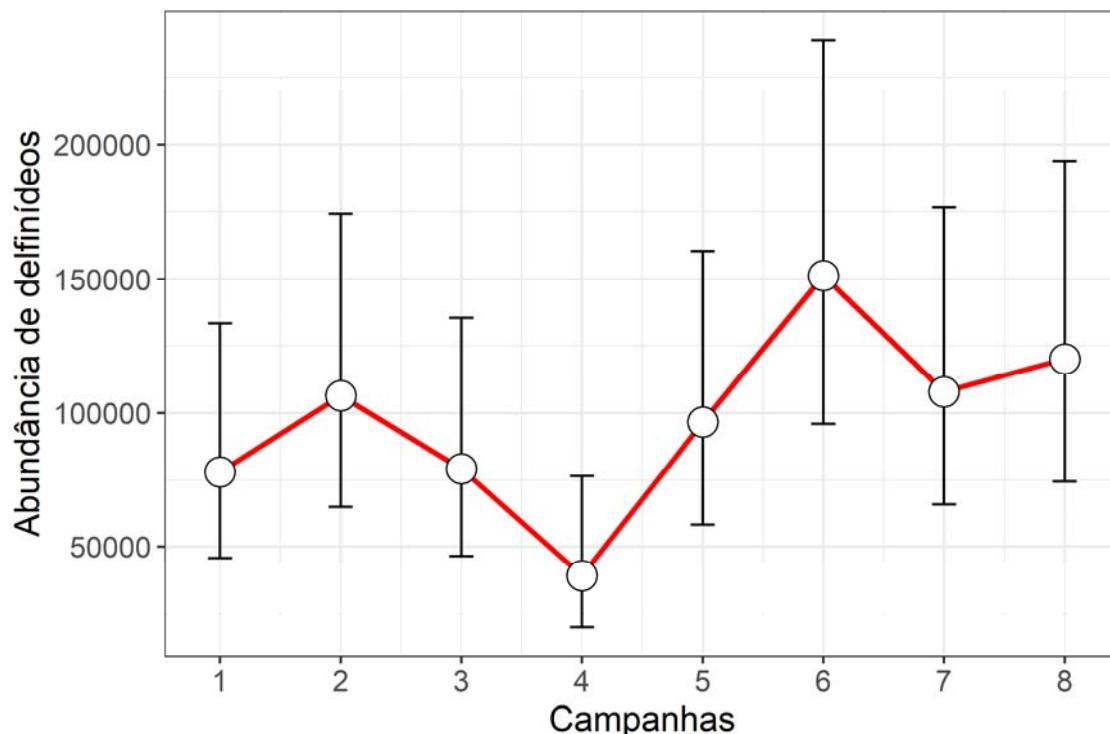


**Figura V.3-8:** Curva de detecção meia-normal de um modelo ajustado aos dados de delfinídeos observados durante as Campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC-BS.

A estimativa mais baixa foi de cerca de 40 mil indivíduos na Campanha 4 e a estimativa mais alta foi de cerca de 157 mil indivíduos na Campanha 6.

**Tabela V.3-14:** Estimativa de densidade e abundância de delfinídeos durante as campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC - BS. Camp = campanha; n = número de detecções; N = estimativa de abundância; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.

Camp	n	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km <sup>2</sup>	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV%
1	22	29,64	17,35 – 50,67	81.428	47.642 – 139.170	27,75
2	30	40,39	24,66 – 66,15	110.930	67.725 – 181.690	25,47
3	22	30,09	17,61 – 51,43	82.644	48.354 – 141.250	27,75
4	11	14,87	7,62 – 29,04	40.853	20.928 – 79.749	34,99
5	27	36,68	22,09 – 60,89	100.730	60.680 – 167.220	26,19
6	42	57,46	36,39 – 90,73	157.810	99.945 – 249.180	23,52
7	30	40,93	24,99 – 67,04	112.420	68.639 – 184.140	25,47
8	34	45,60	28,25 – 73,60	125.250	77.602 – 202.150	24,69



**Figura V.3-9:** Abundância de delfinídeos observados ao longo das campanhas de Avistagem Aérea em quatro anos do PMC-BS.

## Discussão sobre densidade e abundância

As estimativas de abundância geradas para misticetos variaram consideravelmente ao longo das campanhas. A abundância de misticetos variou sazonalmente, conforme esperado, de acordo com o comportamento migratório da maioria das grandes baleias. As campanhas que ocorreram durante o inverno apresentaram maiores abundâncias, já que nessa época as baleias migram para águas tropicais e subtropicais para acasalar e ter seus filhotes.

O ciclo migratório da baleia-jubarte é o mais bem estudado, com uma temporada reprodutiva que vai de junho a novembro, com pico de abundância no Brasil em agosto e setembro (MORETE et al., 2008). A baleia-jubarte é a espécie de misticeto mais frequente na Bacia de Santos, com sua abundância perfazendo cerca de 50% dos misticetos na temporada reprodutiva.

As estimativas apresentadas aqui para esta espécie complementam outras avaliações realizadas na costa brasileira para este estoque reprodutivo já que cobrem uma região nunca amostrada em outros estudos quantitativos de abundância dos misticetos (e.g., PAVANATO et al., 2017).

As campanhas que apresentaram as menores abundâncias de misticetos foram as que ocorreram durante o verão, período em que as espécies migratórias estão se alimentando em altas latitudes. A única baleia que permanece durante o ano inteiro na costa brasileira é a baleia-de-Bryde. Por este motivo, apesar de a maioria das baleias avistadas no verão até o início do outono não terem sua identificação taxonômica confirmada, presume-se que a maior parte desses registros seja de baleias-de-Bryde.

Assim, pode-se ter uma ideia da abundância desta espécie na região da Bacia de Santos levando-se em consideração que as estimativas fora da temporada reprodutiva sejam do mesmo gênero. As estimativas oscilam entre 300 e 530 baleias para a avistagem aérea e entre 150 e 300 baleias para a avistagem embarcada. Apesar da incerteza de identificação taxonômica, tais dados são bastante relevantes para a baleia-de-Bryde, pois não existem estimativas de abundância de referência para a espécie na costa brasileira.

A abundância de delfinídeos também oscilou bastante entre as campanhas aéreas e embarcadas. As estimativas realizadas por sobrevoo não proporcionaram um padrão sazonal definido e foram significativamente maiores que as estimativas por avistagem embarcada. As abundâncias estimadas para delfinídeos por sobrevoos foram frequentemente mais altas que 100 mil indivíduos, chegando a um máximo de mais de 150 mil indivíduos no outono de 2018. As estimativas de abundância de delfinídeos por avistagem embarcada ficaram entre 23 e 45 mil indivíduos. Essa diferença pode ser decorrente de diferentes fatores, como a subestimação de tamanhos de grupo por avistagem embarcada, reações dos animais à embarcação ou diferentes questões de detectabilidade. Tal discrepância entre os valores estimados de delfinídeos por diferentes plataformas merece ser investigada mais profundamente nos próximos relatórios do PMC-BS.

As oscilações na abundância de delfinídeos constatadas pelas campanhas de avistagem embarcada nos últimos dois anos do PMC-BS seguiram um padrão sazonal. A continuidade desse padrão ocorreu nos dois últimos anos de dados, quando a realização das campanhas transcorreu em períodos fixos do verão/outono e inverno/primavera. No verão/primavera, a abundância de delfinídeos foi substancialmente maior que no inverno/primavera. A explicação para tal padrão recai sobre os movimentos dos grupos de delfinídeos em larga/média escala espacial, ocasionados por variações sazonais nas correntes marítimas. Sabe-se que a Corrente do Brasil (do norte para o sul) no inverno perde força e a Corrente das Malvinas aumenta sua intensidade (do sul para o norte). Como a maioria dos delfinídeos (especialmente os do gênero *Stenella*) têm afinidades com águas mais quentes e tropicais, sugere-se que existam movimentos latitudinais de caráter sazonal. No verão, por exemplo, parte das populações de delfinídeos pode se deslocar da Bacia de Santos para o norte, como a Bacia de Campos.

Outra informação nova de especial destaque refere-se às primeiras estimativas para a subespécie oceânica do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus truncatus*). As estimativas existentes são para o ecótipo costeiro (*T. t.*

*gephyreus*), cujas populações são pequenas e concentradas em sistemas estuarinos-lagunares do Sul do Brasil (e.g., FRUET et al., 2011).

Os dados produzidos pelo PMC-BS, apresentados neste relatório, indicam que a subespécie oceânica possui grandes populações e é amplamente distribuída na Bacia de Santos. As estimativas chegaram a mais de 10 mil indivíduos em pelo menos uma campanha.

### **V.3.2 Diversidade genética**

A diversidade genética é um componente importante da biodiversidade e é requerida para a população se adaptar às mudanças ambientais, isto é, representa seu potencial evolutivo (FRANKHAM et al., 2010). Os níveis de diversidade genética dentro das espécies são determinados pela interação entre a seleção natural e pela deriva genética, e influenciados pelo isolamento geográfico, sistemas de acasalamento e tamanho da população. Contudo, a perda da diversidade genética em espécies e populações é considerada uma das principais ameaças e pode aumentar o risco de extinção, principalmente para as espécies de cetáceos que estão atualmente expostas a uma variedade de impactos antropogênicos.

Durante os quatro anos do PMC-BS, os níveis de diversidade genética mitocondrial e nuclear foram estimados para cada espécie de cetáceo amostrada na Bacia de Santos, com um número amostral mínimo de cinco indivíduos. A identificação de amostras duplicadas (reamostragem ou recaptura do mesmo indivíduo) baseou-se na combinação da identificação individual segundo os genótipos (ver abaixo), na sequência do DNA mitocondrial (DNAmt) e no sexo do indivíduo. As amostras duplicadas não foram incluídas nas análises seguintes.

#### *Diversidade genética mitocondrial*

O número de haplótipos e os índices de diversidade genética para o DNAmt, como diversidade haplotípica ( $h$ ), nucleotídica ( $\pi$ ) e frequência de haplótipos, foram estimados usando o programa DNASP 6.12.1 (ROZAS et al., 2017).

Um total de 57 amostras do golfinho-nariz-de-garrafa (*T. truncatus*) foram obtidas durante os quatro anos do PMC-BS, sendo que dessas, 56 forneceram sequências de alta qualidade para a região controle do DNAmt. Após a remoção de duas amostras duplicadas, o alinhamento de 54 sequências (675 pares de base) resultou em 16 haplótipos definidos por 35 sítios polimórficos. O golfinho-pintado-do-atlântico (*S. frontalis*) é a espécie com o maior número amostral do PMC-BS. Das 91 amostras coletadas, duas são duplicadas e, portanto, foram removidas das análises seguintes. O alinhamento das 89 sequências da região controle do DNAmt (685 pares de base) resultou em 13 haplótipos definidos por 18 sítios polimórficos (**Tabela V.3-15**).

Das 49 amostras do golfinho-rotador (*S. longirostris*), uma amostra duplicada foi removida das análises. Posteriormente, o alinhamento das 48 sequências (686 pares de base) resultou em 25 haplótipos definidos por 37 sítios polimórficos. Já para o golfinho-de-clymene (*S. clymene*), um total de oito haplótipos (sequências de 684 pares de base), definidos por 19 sítios polimórficos, foi detectado nas 10 amostras. No entanto, somente quatro haplótipos (sequências de 698 pares de base), definidos por 13 sítios polimórficos, foram detectados nas 16 amostras de golfinho-pintado-pantropical (*S. attenuata*) (**Tabela V.3-15**).

Os alinhamentos das sequências (696 e 659 pares de base, respectivamente) das 12 amostras do golfinho-comum-de-bico-curto (*D. delphis*) e das 15 amostras do golfinho-de-dentes-rugosos (*S. bredanensis*) resultaram em seis e quatro haplótipos definidos por cinco e seis sítios polimórficos, respectivamente. Já para as cinco amostras do golfinho-cabeça-de-melão (*Peponocephala electra*), o alinhamento das sequências (700 pares de base) da região controle do DNAmt resultou em quatro haplótipos definidos por sete sítios polimórficos. Entretanto, o alinhamento das sequências das nove amostras de baleia-piloto-de-peitoral-curta (*G. macrorhynchus*) resultou em apenas um haplótipo (**Tabela V.3-15**).

Das 26 amostras de baleias-jubarte (*M. novaeangliae*) obtidas durante os quatro anos do PMC-BS (incluindo três amostras de baleia-jubarte coletadas oportunisticamente na costa norte de Santa Catarina), uma (G136) teve a

sequência de DNAmt descartada por causa da baixa qualidade da amplificação, e mais três duplicadas foram removidas das análises seguintes. Assim, as 22 amostras possibilitaram a detecção de 18 haplótipos (sequências de 688 pares de base) definidos por 35 sítios polimórficos (**Tabela V.3-15**). Importante ressaltar que 16 haplótipos já haviam sido previamente localizados nessa população de baleias-jubarte que frequenta o litoral brasileiro, considerada estoque reprodutivo A (CYPRIANO-SOUZA et al., 2017).

Um total de 13 haplótipos (sequências de 708 pares de base) definidos por 17 sítios polimórficos foram detectados para as 20 amostras de baleia-sei (*B. borealis*). Entretanto, o alinhamento das sequências (677 pares de base) das 13 amostras de baleia-de-Bryde (*B. brydei*) resultou em apenas três haplótipos definidos por seis sítios polimórficos (**Tabela V.3-15**).

Conforme exposto no Relatório Anual 3 do PMC-BS (PETROBRAS, 2018), para as cinco amostras (após remoção de uma duplicada) de baleia-fin (*B. physalus*) e para as cinco de baleia-minke-antártica (*B. bonaerensis*), os alinhamentos das sequências (694 e 720 pares de base, respectivamente) indicaram cinco haplótipos definidos por 12 e 22 sítios polimórficos, respectivamente para cada espécie (**Tabela V.3-15**).

A **Tabela V.3-15** traz as diversidades haplotípicas ( $h$ ) e nucleotídicas ( $\pi$ ) para cada espécie, com um número amostral mínimo de 5 indivíduos. Dentre as espécies de odontocetos bem amostradas ( $n > 10$  amostras), *S. clymene* foi a que apontou a maior diversidade haplotípica ( $h = 0,956$ ), seguida de *S. longirostris*. Já *T. truncatus*. *S. longirostris* indicou a maior diversidade nucleotídica ( $\pi = 1,63\%$ ), seguida de *T. truncatus* e *S. clymene*. Para os misticetos, enquanto *M. novaeangliae* e *B. borealis* apresentaram uma diversidade genética elevada, *B. brydei* mostrou uma diversidade genética mitocondrial muito baixa ( $h = 0,295$  e  $\pi = 0,15\%$ ).

**Tabela V.3-15:** Diversidade do DNA mitocondrial das espécies de cetáceos amostradas na Bacia de Santos.  $n$  = número de amostras, Seq. (pb) = sequência em pares de bases,  $S$  = sítios polimórficos,  $H$  = haplótipos,  $h$  = diversidade haplotípica,  $\pi$  = diversidade nucleotídica (%).

Espécie	n	Seq. (pb)	S	H	H	$\pi$ %
<i>Eubalaena australis</i>	2	682	-	2	-	-
<i>Balaenoptera musculus</i>	2	725	19	2	-	-
<i>Balaenoptera physalus</i>	5	694	12	5	1,000	0,83
<i>Balaenoptera borealis</i>	20	708	17	13	0,953	0,81
<i>Balaenoptera brydei</i>	13	677	6	3	0,295	0,15
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	5	720	22	5	1,000	1,37
<i>Megaptera novaeangliae</i>	22	690	35	18	0,983	1,31
<i>Physeter macrocephalus</i>	4	731	3	2	-	-
<i>Orcinus orca</i>	4	668	-	1	-	-
<i>Peponocephala electra</i>	5	700	7	4	0,900	0,48
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	9	696	-	1	-	-
<i>Tursiops truncatus</i>	54	675	35	16	0,896	1,38
<i>Steno bredanensis</i>	15	659	6	4	0,600	0,29
<i>Sotalia guianensis</i>	2	704	-	1	-	-
<i>Stenella frontalis</i>	89	685	18	13	0,834	0,50
<i>Stenella longirostris</i>	48	686	37	25	0,947	1,63
<i>Stenella attenuata</i>	16	698	13	4	0,675	0,49
<i>Stenella clymene</i>	10	684	19	8	0,956	0,91
<i>Delphinus delphis</i>	12	696	5	6	0,803	0,18

#### Diversidade genética nuclear

O programa MICRO-CHECKER, versão 2.2.3 (VAN OOSTERHOUT et al., 2004), auxiliou na identificação de possíveis alelos nulos (alelos não amplificados) e erros de genotipagem para os locos das espécies com um número amostral mínimo de 10 indivíduos. Os locos analisados para as 10 espécies (7 odontocetos e 3 misticetos) não apontaram nenhuma evidência de erro de genotipagem. Houve indicação de alelos nulos para os locos: D08 em *T. truncatus*, *S. frontalis*, *S. longirostris*, *S. attenuata* e *D. delphis*; TexVet5 em *T. truncatus*, *S. longirostris* e *S. clymene*; TexVet7 em *T. truncatus* e *S. frontalis*; KWM2a em *S. clymene*; 464/465 em *M. novaeangliae*; GT23 em *B. borealis*; e

EV14 em *B. brydei*. No entanto, a remoção desses locos não afeta os resultados, por isso eles não foram excluídos das análises posteriores.

O programa GENECAP (WILBERG & DREHER, 2004) foi elemento relevante na investigação da identidade de genótipos (identificação individual), especialmente porque compara cada genótipo de multilocos individuais com todos os outros genótipos para determinar aqueles que são idênticos (recaptura ou repetição). O programa também calcula a probabilidade de identidade ( $P_{(ID)}$ ) e  $P_{(ID)sib}$ ) e cria histórias de captura.

Conforme relata o Relatório Anual 3 do PMC-BS (PETROBRAS, 2018), foram identificados os seguintes genótipos idênticos: duas amostras (G204 e G205) de pele de cachalote (*P. macrocephalus*); amostras (G208 e G209 com haplótipo HT4, e G239 e G240 com haplótipo HT12) de dois machos de *golfinho-nariz-de-garrafa*; amostras (GM1 e GM2 com haplótipo HGA002, G146 e G147 com haplótipo HBA002, e G156 e G157 com haplótipo HBA049) de três machos de baleia-jubarte; duas amostras (G129 e G130) de um macho de baleia-fin; e as cinco amostras (G160 a G164) de pele de baleia-azul coletadas na água.

Para *Stenella frontalis*, além da reamostragem das duas amostras (G200 e G201) identificadas anteriormente, outro genótipo idêntico foi detectado entre as amostras G337 e G338, as quais apresentaram o mesmo haplótipo (HSF13) de DNAmt e o mesmo sexo (macho), confirmando a reamostragem do mesmo indivíduo. Todas as reamostragens ocorreram durante a mesma avistagem.

O único caso de recaptura individual foi de uma fêmea de *S. longirostris* que foi descoberta pela primeira vez (amostra G215) no dia 08 de fevereiro de 2018 em um grupo de 800 indivíduos, e foi reamostrada (amostra G246) após 56 dias (05 de abril de 2018) em um grupo misto de *S. longirostris* e *S. clymene*. Genótipos idênticos não foram identificados entre as amostras das outras espécies, portanto, os genótipos das 350 amostras de cetáceos coletadas na Bacia de Santos correspondem a 336 indivíduos diferentes.

Finalmente, a estimativa incluiu a diversidade genética nuclear das espécies com um número amostral mínimo de cinco indivíduos, e cada amostra devia conter pelo menos seis locos de microssatélites. Portanto, a diversidade genética nuclear foi estimada como número de alelos por loco (K), número médio de alelos

por loco (A), heterozigosidade observada ( $H_o$ ) e esperada ( $H_E$ ), supondo equilíbrio de Hardy-Weinberg para cada um dos locos, usando o programa CERVUS, versão 3.0 (KALINOWSKI et al., 2007). O **Anexo V.3.1-1** traz o número de alelos por loco (K) para cada espécie. Todas as espécies apresentaram todos ou a maioria dos locos polimórficos.

A

**Tabela V.3-16** exibe o número médio de alelos por loco (A), a heterozigosidade observada ( $H_o$ ) e esperada ( $H_E$ ) para as 14 espécies (*T. truncatus*, *S. frontalis*, *S. longirostris*, *S. attenuata*, *S. clymene*, *D. delphis*, *S. bredanensis*, *G. macrorhynchus*, *P. electra*, *M. novaeangliae*, *B. borealis*, *B. brydei*, *B. physalus* e *B. bonaerensis*) com um número amostral mínimo de 5 indivíduos. Dentre as sete espécies de odontocetos com a maior quantidade de amostras ( $n > 10$  amostras), o número de alelos por loco variou de 2 (TexVet7) em *S. bredanensis* a 23 (EV1) em *S. frontalis*. Enquanto *S. longirostris* indicou o maior número médio de alelos por loco ( $A = 12,00$ ), *S. attenuata* e *S. clymene* apresentaram a maior heterozigosidade média observada ( $H_o = 0,748$ ).

Para os três misticetos bem amostrados ( $n > 10$  amostras), o número de alelos por loco (exceto o loco EV37 de *B. brydei* que foi monomórfico) variou de 2 (EV94 em *B. brydei*) a 14 (EV37 e 417/418 em *M. novaeangliae*; EV1, EV14 e EV37 em *B. borealis*). Enquanto *B. borealis* foi a espécie de misticeto com maior diversidade genética nuclear, com o número médio de alelos por loco de 10,33 e heterozigosidade média observada de 0,761, *B. brydei* apresentou a menor diversidade, com o número médio de alelos por loco de 3,67 e heterozigosidade média observada de 0,438.

**Tabela V.3-16:** Diversidade dos locos de microssatélites dos cetáceos amostrados na Bacia de Santos.  $n$  = número de amostras,  $N$  = número de locos,  $A$  = número médio de alelos por loco,  $H_O$  = heterozigosidade observada,  $H_E$  = heterozigosidade esperada,  $P_{(ID)}$  e  $P_{(ID)sib}$  = probabilidades de identidade.

Espécie	n	N	A	$H_O$	$H_E$	$P_{(ID)}$	$P_{(ID)sib}$
<i>Balaenoptera physalus</i>	5	9	6,00	0,740	0,837	$1,48 \times 10^{-10}$	$2,37 \times 10^{-4}$
<i>Balaenoptera borealis</i>	20	9	10,33	0,761	0,809	$1,16 \times 10^{-12}$	$1,10 \times 10^{-4}$
<i>Balaenoptera brydei</i>	12	9	3,67	0,438	0,516	$1,23 \times 10^{-5}$	$6,32 \times 10^{-3}$
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	5	9	6,56	0,866	0,887	$1,33 \times 10^{-11}$	$1,22 \times 10^{-4}$
<i>Megaptera novaeangliae</i>	22	9	9,67	0,691	0,783	$1,05 \times 10^{-11}$	$1,72 \times 10^{-4}$
<i>Peponocephala electra</i>	5	9	4,22	0,688	0,676	$1,43 \times 10^{-7}$	$1,47 \times 10^{-3}$
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	9	8	6,25	0,809	0,803	$1,98 \times 10^{-9}$	$6,04 \times 10^{-4}$
<i>Tursiops truncatus</i>	55	8	11,50	0,732	0,829	$2,73 \times 10^{-11}$	$2,32 \times 10^{-4}$
<i>Steno bredanensis</i>	15	9	4,67	0,460	0,495	$1,94 \times 10^{-6}$	$5,74 \times 10^{-3}$
<i>Stenella frontalis</i>	89	10	11,50	0,734	0,819	$1,40 \times 10^{-13}$	$3,24 \times 10^{-5}$
<i>Stenella longirostris</i>	48	9	12,00	0,714	0,795	$5,57 \times 10^{-13}$	$1,10 \times 10^{-4}$
<i>Stenella attenuata</i>	16	10	10,20	0,748	0,835	$6,47 \times 10^{-14}$	$3,45 \times 10^{-5}$
<i>Stenella clymene</i>	10	10	9,10	0,748	0,877	$2,10 \times 10^{-14}$	$2,47 \times 10^{-5}$
<i>Delphinus delphis</i>	12	8	7,38	0,656	0,787	$1,56 \times 10^{-9}$	$5,77 \times 10^{-4}$

Em geral, seis (*T. truncatus*, *S. frontalis*, *S. longirostris*, *S. attenuata*, *S. clymene* e *D. delphis*) das sete espécies de odontocetos bem amostradas possuíam altos níveis de diversidade genética mitocondrial e nuclear, similares aos valores encontrados para essas espécies em outros estudos genéticos (OREMUS et al., 2007; QUEROUIL et al., 2007; 2010; MIRIMIN et al., 2009; CABALLERO et al., 2013; COURBIS et al., 2014; LOUIS et al., 2014; LOWTHER-THIELEKING et al., 2014; VIRICEL & ROSEL, 2014; COSTA et al., 2015; FRUET et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2019). Os níveis elevados de diversidade genética mitocondrial e nuclear são característicos das grandes populações panmíticas, cujos níveis de mobilidade em seu habitat são bastante altos..

No Oceano Atlântico Sul Ocidental, recentes estudos genéticos encontraram maior diversidade genética nas populações oceânicas de golfinho-nariz-de-garrafa (*T. truncatus*), com exceção da população do Arquipélago de São Pedro e São Paulo ( $h = 0,110$  e  $\pi = 0,07\%$  para DNAm<sub>t</sub>,  $A = 6,0$  e  $H_O = 0,630$  para

microssatélites), e menor nas populações costeiras (COSTA et al., 2015; FRUET et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2019).

Para exemplificar, Fruet et al. (2017) encontraram maior diversidade genética para os golfinhos-nariz-de-garrafa do ecótipo oceânico ( $h = 0,940$  e  $\pi = 1,90\%$  para DNAmt,  $A = 8,2$  e  $H_o = 0,650$  para microssatélites) do que para os indivíduos do ecótipo costeiro ( $h = 0,702$  e  $\pi = 0,90\%$  para DNAmt,  $A = 3,3$  e  $H_o = 0,260$  para microssatélites). Costa et al. (2015) também observaram maior diversidade genética para os *T. truncatus* do grupo 3, que eram amostras de encalhes dos litorais de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, do que para os indivíduos dos grupos 1 e 2, que pertencem às populações estuarinas residentes, uma de Laguna, Santa Catarina, e outra de Tramandaí, Rio Grande do Sul.

Recentemente, um estudo apontou alta variabilidade genética tanto para os indivíduos do Norte e Nordeste do Brasil ( $h = 0,910$  e  $\pi = 1,94\%$  para DNAmt,  $A = 5,3$  e  $H_o = 0,580$  para microssatélites) quanto para os indivíduos amostrados nas Bacias de Campos e de Santos ( $h = 0,850$  e  $\pi = 1,34\%$  para DNAmt,  $A = 6,5$  e  $H_o = 0,510$  para microssatélites) (OLIVEIRA et al., 2019), e similar ao que foi identificado nos indivíduos amostrados na Bacia de Santos pelo PMC-BS.

Da mesma forma, para uma população de golfinho-pintado-do-Atlântico (*S. frontalis*) do oeste do Oceano Atlântico Norte, as diversidades genética mitocondrial ( $h = 0,940$  e  $\pi = 1,20\%$ ) e nuclear ( $A = 13,1$  e  $H_o = 0,810$ ) foram maiores nos indivíduos do grupo oceânico do que nos indivíduos do grupo da plataforma continental ( $h = 0,800$  e  $\pi = 1,20\%$  para DNAmt,  $A = 7,8$  e  $H_o = 0,580$  para microssatélites) (VIRICEL & ROSEL, 2014). Embora pouco se saiba da estruturação populacional de *S. frontalis* no Brasil, um estudo genético indicou maior diversidade haplotípica e nucleotídica do DNAmt para a população que ocorre no Sudeste do Brasil quando comparada à população da espécie que ocorre no Caribe (CABALLERO et al., 2013). De fato, níveis elevados de diversidade genética foram detectados nos indivíduos de *S. frontalis* amostrados na Bacia de Santos.

Os níveis de diversidade genética de *S. longirostris* ( $h = 0,947$  e  $\pi = 1,63\%$  para DNAmt,  $A = 12,0$  e  $H_o = 0,714$  para microssatélites) da Bacia de Santos

foram altos e similares àqueles das populações do Arquipélago da Sociedade, na Polinésia Francesa ( $h = 0,920$  e  $\pi = 1,59\%$  para DNAmt,  $A = 11,92$  e  $H_o = 0,700$  para microssatélites) (OREMUS et al., 2007). Similarmente, *S. clymene* da Bacia de Santos também mostrou alta diversidade genética mitocondrial e nuclear ( $h = 0,956$  e  $\pi = 0,91\%$  para DNAmt,  $A = 9,1$  e  $H_o = 0,748$  para microssatélites).

No entanto, embora os indivíduos de *S. attenuata* da Bacia de Santos apresentassem uma diversidade genética mitocondrial menor ( $h = 0,675$  e  $\pi = 0,49\%$ ) do que a das outras espécies de *Stenella*, a diversidade haplotípica foi maior do que a encontrada na espécie das ilhas do Havaí ( $h = 0,450$  e  $\pi = 0,50\%$ ). Já a diversidade genética nuclear ( $A = 10,2$  e  $H_o = 0,748$ ) foi um pouco menor do que os níveis encontrados nessa mesma população do Havaí ( $A = 14,9$  e  $H_o = 0,809$ ) (COURBIS et al., 2014).

Os indivíduos de *D. delphis* da Bacia de Santos indicaram uma diversidade genética ( $h = 0,803$  e  $\pi = 0,18\%$  para DNAmt,  $A = 7,3$  e  $H_o = 0,656$  para microssatélites) menor quando comparada à das populações dessa espécie no Oceano Atlântico Norte, tanto no oeste ( $h = 0,949$  e  $\pi = 1,8\%$  para DNAmt,  $A = 8,3$  e  $H_o = 0,679$  para microssatélites) quanto no leste ( $h = 0,968$  e  $\pi = 1,8\%$  para DNAmt,  $A = 10,9$  e  $H_o = 0,695$  para microssatélites) (MIRIMIN et al., 2009).

Por outro lado, *S. bredanensis* apresentou a menor diversidade genética mitocondrial ( $h = 0,600$  e  $\pi = 0,29\%$ ) e nuclear ( $A = 4,6$  e  $H_o = 0,460$ ), similar ao que foi observado nas populações das Ilhas da Sociedade ( $h = 0,477$  e  $\pi = 0,51\%$ ) para DNAmt, e Ilhas Samoa ( $A = 4,31$  e  $H_o = 0,678$ ) para microssatélites (ALBERTSON et al., 2016). Interessantemente, os quatro haplótipos de *S. bredanensis* encontrados na Bacia de Santos não foram compartilhados com os cinco haplótipos encontrados em 42 indivíduos da espécie, amostrados na costa Sul (Rio grande do Sul,  $n = 10$ ; Santa Catarina,  $n = 1$ ) e Sudeste (Rio de Janeiro,  $n = 27$ ; e Espírito Santo,  $n = 4$ ) do Brasil (DA SILVA et al., 2015).

Dentre as outras duas espécies de odontocetos que tiveram um baixo número amostral, *Peponocephala electra* também apresentou uma alta diversidade genética mitocondrial ( $h = 0,900$  e  $\pi = 0,48\%$ ) e uma diversidade nuclear intermediária ( $A = 4,22$  e  $H_o = 0,688$ ), sendo que um dos haplótipos foi

compartilhado com o haplótipo H31 (KT223078) encontrado em uma amostra de encalhe do Nordeste do Brasil (MARTIEN et al., 2017). Embora as nove amostras de *G. macrorhynchus* apresentassem apenas um haplótipo de DNAm, uma diversidade genética nuclear ( $A = 6,2$  e  $H_o = 0,809$ ) relativamente elevada foi encontrada nesses indivíduos. O interessante é que esse único haplótipo foi compartilhado com o haplótipo A (FJ513328) encontrado principalmente nas baleias-piloto-de-peitoral-curta do Oceano Pacífico Sul e em uma amostra da espécie do Oceano Atlântico Norte (OREMUS et al., 2009).

Com relação às espécies de misticetos, as baleias-jubarte amostradas na Bacia de Santos indicaram alta variabilidade em ambos os marcadores genéticos. Como suporta o compartilhamento dos haplótipos, essas jubartes fazem parte do estoque reprodutivo A, que apresentou alta diversidade genética mitocondrial e nuclear, similar as de outras áreas de reprodução de baleia-jubarte do Hemisfério Sul (CYPRIANO-SOUZA et al., 2017). Apesar da caça comercial ter reduzido as populações de baleia-jubarte durante o século XX, a ausência de perda da diversidade genética nessas populações deve-se à curta duração do *bottleneck* (~ três gerações, considerando o tempo de geração de 21,5 anos para a espécie, TAYLOR et al., 2007), à longevidade da espécie (provavelmente mais que 70 anos, GABRIELLE et al., 2010) e ao tamanho populacional mínimo absoluto alcançado ( $N_{min} = 500$  em 1950, ZERBINI et al., 2011).

A população de baleia-sei que ocorre na Bacia de Santos, Oceano Atlântico Sul, possui maiores níveis de diversidade genética mitocondrial ( $h = 0,953$  e  $\pi = 0,81\%$ ) e nuclear ( $A = 10,3$  e  $H_o = 0,761$ ) do que aqueles das populações que ocorrem no Oceano Atlântico Norte ( $h = 0,520$  e  $\pi = 1,1\%$  para DNAm,  $A = 6,18$  e  $H_o = 0,650$  para 11 locos de microssatélites) e no Pacífico Norte ( $h = 0,790$  e  $\pi = 3,8\%$  para DNAm,  $A = 7,0$  e  $H_o = 0,560$  para 7 locos de microssatélites) (HUIJSER et al., 2018).

A escassez de informação sobre a espécie no Atlântico Sul transformam esses dados genéticos de baleia-sei em referências extremamente importantes.

Já os níveis de diversidade genética mitocondrial ( $h = 0,295$  e  $\pi = 0,15\%$ ) e nuclear ( $A = 3,67$  e  $H_o = 0,438$ ) das baleias-de-Bryde amostradas na Bacia de

Santos foram muito baixos comparados aos níveis das outras espécies de baleia e das outras populações de baleia-de-Bryde ( $h = 0,750$  e  $\pi = 1,0\%$  para DNAm,  $A = 6,60$  e  $H_o = 0,686$  para microssatélites) nos Oceanos Pacífico e Índico (KANDA et al., 2007). Esse resultado corrobora o estudo genético de Pastene et al. (2015) que encontraram menor diversidade nucleotídica ( $\pi = 0,08\%$ ) para as baleias-de-Bryde que vivem no Brasil. Como exposto no Relatório Anual 3 do PMC-BS (PETROBRAS, 2018), esse baixo nível de diversidade genética pode ser explicado por vários fatores como: um evento histórico natural, incluindo recente divergência evolutiva; persistência por longo prazo em um tamanho populacional pequeno; ou um evento de impacto antropogênico recente. No entanto, para determinar a causa dessa baixa variabilidade, é necessária a análise de um número maior de amostras e marcadores nucleares.

Dos três haplótipos das baleias-de-Bryde da Bacia de Santos, um (HBE1) foi encontrado em 11 indivíduos, sendo seis amostrados na área oceânica e cinco na área costeira. Os outros dois haplótipos (HBE2 e HBE3) foram observados em apenas um indivíduo (G68 amostrado na área oceânica e G107 amostrado na área costeira). Interessantemente, o haplótipo mais frequente (HBE1) foi compartilhado com o haplótipo BR36 (EF068048), o qual foi identificado em sete das oito amostras do Brasil (PASTENE et al., 2015). Além disso, esse haplótipo também foi compartilhado com o haplótipo KF9116567 encontrado em uma amostra de baleia-de-Bryde de Aruba, que foi agrupado no clado *offshore* junto com as amostras das baleias-de-Bryde oceânicas da África do Sul e uma amostra da Ilha Madeira (LUKSENBURG et al., 2015). Tal resultado corrobora o compartilhamento de haplótipos encontrado entre as *B. brydei* de diferentes hemisférios e oceanos, mostrando nenhuma linhagem geográfica única, provavelmente porque essas populações divergiram recentemente (KANDA et al., 2007).

Das duas espécies de misticetos pouco amostradas, tanto *B. physalus* quanto *B. bonaerensis* apresentaram cinco haplótipos, um para cada amostra, e uma diversidade genética nuclear intermediária ( $A = 6$  e  $H_o = 0,740$ ;  $A = 6,56$  e  $H_o = 0,866$ , respectivamente) entre *B. borealis* e *B. brydei*. Um dos cinco haplótipos de baleia-minke-Antártica foi compartilhado com o haplótipo Bb046

(EF113754) e quatro foram compartilhados com haplótipos (AM064, AM080, AM165 e AM305, respectivamente) encontrados em indivíduos amostrados no Oceano Pacífico Sul e Antártica (PASTENE et al., 2007; PASTENE & GOTO, 2016). No entanto, a falta de informação não permite saber a localização exata das amostras que apresentaram esses haplótipos.

### V.3.3 Proporção Sexual

A estimativa da proporção sexual em populações de mamíferos é de extrema importância para a compreensão do comportamento reprodutivo, da dinâmica populacional, incluindo a tendência à dispersão por sexo, e da densidade demográfica (BROWN et al., 1991). Embora a proporção sexual esperada seja de 1:1 (mesmo número de fêmeas e machos), essa proporção desvia da taxa esperada de 1:1 em algumas populações de cetáceos (CASTILHO et al., 2015; GREEN et al., 2011).

A realização das Campanhas de Telemetria e de Avistagem Embarcada e MAP no período dos quatro anos do PMC-BS resultou em 353 amostras, incluindo as três de baleia-jubarte (GM1 a GM3) coletadas no norte de Santa Catarina. Desse total, foi possível determinar geneticamente o sexo de 346 amostras, resultando na identificação de 194 fêmeas e 152 machos.

Após a identificação das 19 espécies de cetáceos (ver item **V.1.2. Identificação Molecular das Espécies**) e a identificação individual para cada amostra (ver item **V.3.3. Diversidade Genética**), 11 amostras (duas fêmeas e nove machos) identificadas como reamostragem ou recaptura do mesmo indivíduo foram removidas. O resultado final permitiu identificar 192 fêmeas e 143 machos de um total de 335 indivíduos sexados. A **Tabela V.3-17** apresenta o número de machos e fêmeas para cada espécie amostrada. A proporção sexual foi estimada para cada espécie bem amostrada ( $n > 10$ ) e comparada à proporção esperada de 1:1 usando um Teste Binomial Exato.

**Tabela V.3-17:** Número de machos e fêmeas identificados geneticamente e proporção sexual (F:M = fêmeas para machos) para cada espécie amostrada nas campanhas de Telemetria e de Avistagem Embarcada e MAP do PMC-BS. \*Inclui 2 amostras (1 macho e 1 fêmea) coletadas no norte do estado de Santa Catarina.

Espécie	Macho	Fêmea	Total	Proporção (F:M)	Valor de P
<i>Eubalaena australis</i>	2	0	2	-	-
<i>Balaenoptera musculus</i>	1	1	2	-	-
<i>Balaenoptera physalus</i>	3	2	5	-	-
<i>Balaenoptera borealis</i>	11	9	20	1:1,22	0,824
<i>Balaenoptera brydei</i>	4	8	12	2:1	0,388
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	3	2	5	-	-
<i>Megaptera novaeangliae</i> *	14	8	22	1:1,75	0,286
<i>Physeter macrocephalus</i>	0	4	4	-	-
<i>Orcinus orca</i>	4	0	4	-	-
<i>Peponocephala electra</i>	1	3	4	-	-
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	5	4	9	-	-
<i>Tursiops truncatus</i>	25	29	54	1,16:1	0,683
<i>Steno bredanensis</i>	4	11	15	2,75:1	0,118
<i>Sotalia guianensis</i>	1	1	2	-	-
<i>Stenella frontalis</i>	39	50	89	1,28:1	0,289
<i>Stenella longirostris</i>	12	36	48	3:1	0,000
<i>Stenella attenuata</i>	4	12	16	3:1	0,077
<i>Stenella clymene</i>	5	5	10	-	-
<i>Delphinus delphis</i>	5	7	12	1,4:1	0,774
Total	143	192	335	-	-

*S. longirostris* foi a única espécie cuja proporção sexual foi significativamente enviesada para fêmeas (3:1;  $P = 0,0007$ ). Embora a proporção de fêmeas tenha sido maior para *S. attenuata* (3:1), *S. bredanensis* (2,75:1), *B. brydei* (2:1), *D. delphis* (1,4:1), *S. frontalis* (1,28:1) e *Tursiops truncatus* (1,16:1), essa diferença na proporção não diferiu significantemente ( $P > 0,05$ ) da taxa esperada de 1:1 para tais espécies **Tabela V.3-17**. No entanto, o número amostral é ainda pequeno para *S. attenuata*, *S. bredanensis*, *D. delphis* e *B. brydei*.

Já para *M. novaeangliae* e *B. borealis*, a proporção de machos foi maior (1,75:1 e 1,22:1, respectivamente), mas também não diferiu significantemente ( $P > 0,05$ ) da taxa de 1:1 esperada **Tabela V.3-17**.

Estudos genéticos que estimaram a proporção sexual para seis dessas nove espécies bem amostradas têm apresentado diferentes taxas. Na Nova Zelândia, uma proporção sexual enviesada para fêmeas (2:1 fêmeas para machos) de golfinho-comum (*Delphinus* sp.) foi perceptível tanto na população oceânica quanto na população costeira (STOCKIN et al., 2014). Entretanto, a ocorrência na costa leste do Oceano Atlântico Norte foi do mesmo número de fêmeas e de machos de *D. delphis*, corroborando a proporção sexual prevista de 1:1 (AMARAL et al., 2007).

Viricel & Rosel (2014) encontraram uma razão sexual ligeiramente maior para fêmeas (1,2:1 fêmeas para machos) de *S. frontalis* no oeste do Atlântico Norte e no Golfo do México. Igualmente, um número maior de fêmeas (1,4:1 fêmeas para machos) dessa espécie foi avistada na Ilha de Grande Bahamas (GREEN et al., 2011). Ambos os estudos apresentaram tendência em relação às fêmeas semelhantemente ao que foi constatado para *S. frontalis* na Bacia de Santos até o momento.

No entanto, no leste do Oceano Atlântico Norte, a espécie apresentou uma razão sexual maior para machos (3,3:1 e 1,3:1 machos para fêmeas na Ilha da Madeira e no Arquipélago dos Açores, respectivamente) (QUEROUIL et al., 2010a). Nesse caso, a tendência da amostragem foi responsável pela diferença na proporção sexual já que as fêmeas com filhote não foram amostradas na Ilha da Madeira e, apesar de amostradas no Arquipélago dos Açores, elas eram frequentemente evitadas pelos pesquisadores. Além disso, machos e fêmeas reagiram diferentemente à perturbação causada pelo processo de amostragem, porque a tendência das fêmeas foi de evitar a aproximação dos barcos (QUEROUIL et al., 2010b).

Diferente da tendência em relação às fêmeas encontradas para as espécies de delfinídeos amostradas na Bacia de Santos, a razão sexual foi maior para machos em *S. longirostris* (1,7:1 machos para fêmeas) no Arquipélago da Sociedade, na Polinésia Francesa; para *S. attenuata* (1,3:1 machos para

fêmeas) nas ilhas do Havaí; e tanto para os adultos da população oceânica de *T. truncatus* no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (1,8:1 machos para fêmeas), quanto para a população oceânica da espécie no Arquipélago dos Açores (2,8:1 machos para fêmeas) (OREMUS et al., 2007; QUEROUIL et al., 2007; COURBIS et al., 2014; CASTILHO et al., 2015). Tanto Castilho et al. (2015) quanto Querouil et al. (2007) também sugeriram que uma tendência na amostragem pode explicar essa diferença já que as fêmeas com filhote evitaram se aproximar do barco. No entanto, nas campanhas do PMC-BS, as fêmeas com filhote das espécies do gênero *Stenella* e de *T. truncatus* se aproximaram da embarcação e, assim como os machos, apresentaram o comportamento de nadar na proa do barco (*bow-riding*).

Conforme relato do Relatório Anual 3 do PMC-BS (PETROBRAS, 2018), estudos genéticos de baleia-jubarte têm encontrado uma proporção maior de machos nas áreas de reprodução e proporção maior de fêmeas ou uma taxa de 1:1 nas áreas de alimentação (OLAVARRIA et al., 2007; CARVALHO et al., 2014; SCHMITT et al., 2014; CYPRIANO-SOUZA et al., 2017). Por exemplo, a razão sexual foi significativamente maior para machos nas áreas de reprodução da Colômbia (2,27:1 machos para fêmeas), do Gabão (2,1:1 machos para fêmeas) e do leste da Austrália (1,62:1 machos para fêmeas), consideradas os estoques reprodutivos G, B1 e E1, respectivamente (CARVALHO et al., 2014; SCHMITT et al., 2014; CYPRIANO-SOUZA et al., 2017).

Embora a razão sexual tenha sido maior para machos (1,2:1 machos para fêmeas) na população de baleias-jubarte que frequenta o litoral do Brasil, considerada estoque reprodutivo A, essa taxa não diferiu da taxa esperada de 1:1. Em geral, essa proporção maior de machos nas áreas de reprodução deve-se ao custo energético da reprodução e migração já que as fêmeas tendem a permanecer nas áreas de alimentação por mais tempo para acumular a energia que será gasta durante a lactação e a migração. Além disso, o tempo de permanência das fêmeas na área de reprodução é mais curto do que o dos machos e é temporalmente alternado pelo curto estro e pela assincronia desse período entre as fêmeas (CRAIG & HERMAN, 1997; CERCHIO et al., 2005).

### V.3.4 Estrutura de populações por genética

Apesar da alta capacidade de dispersão, várias espécies de cetáceos possuem maior estrutura populacional do que seria esperado em escalas geográficas relativamente pequenas em função da história demográfica ou da associação de habitat ao comportamento de forrageio. Atualmente, a genética molecular é uma técnica amplamente utilizada na análise da estrutura populacional de cetáceos, com relevante importância na identificação de unidades de conservação e previsão do fluxo gênico entre as populações (HOELZEL et al., 2002).

A estrutura genética populacional foi investigada preliminarmente para o golfinho-nariz-de-garrafa (*T. truncatus*) e para o golfinho-pintado-do-Atlântico (*S. frontalis*). Além de serem bem amostradas (número amostral > 20 indivíduos), as amostragens dessas espécies ocorreram tanto em áreas costeiras quanto em áreas oceânicas. A investigação também englobou as relações filogenéticas e a estrutura populacional entre as baleias-sei (*B. borealis*) amostradas na Bacia de Santos, Oceano Atlântico Sul Ocidental, e a população de *B. borealis* do Oceano Atlântico Norte.

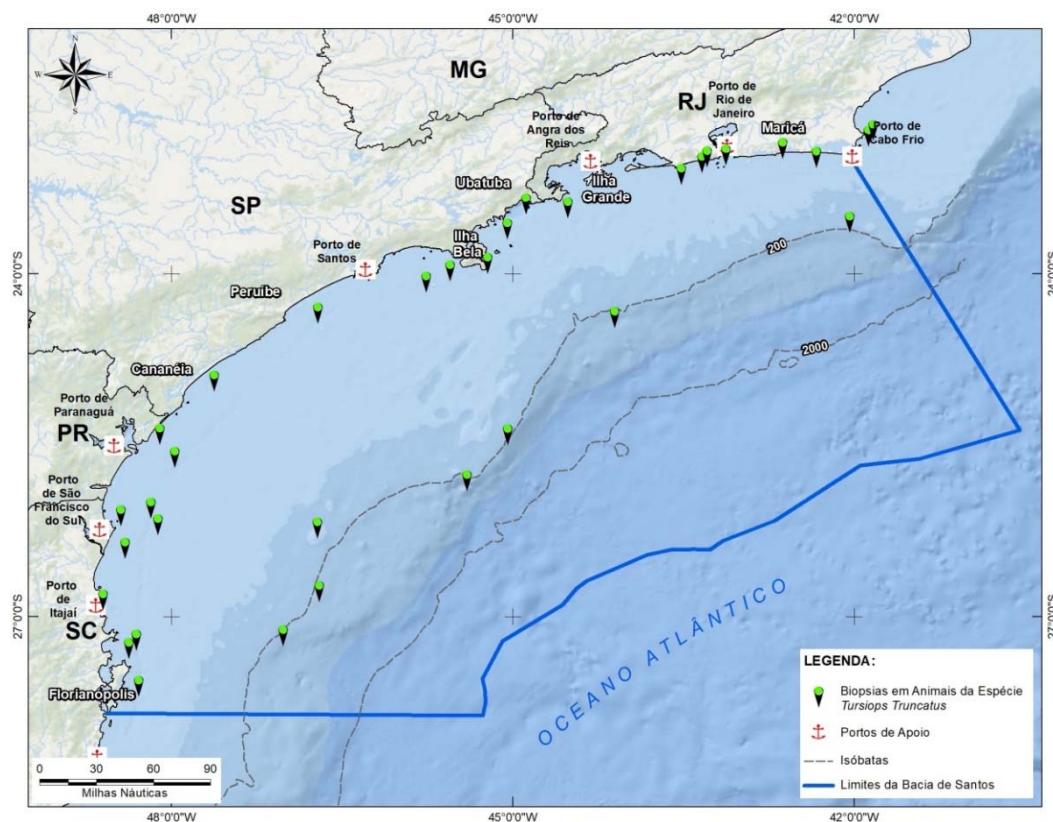
#### Golfinho-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus*

O golfinho-nariz-de-garrafa foi a segunda espécie com maior amostragem ( $n = 55$ ) nas campanhas, e uma das únicas amostradas que possui dados genéticos comparáveis publicados no Brasil. Embora a espécie apresente diferenciação entre ecótipos costeiros e oceânicos no leste do Oceano Pacífico Norte e no Oceano Atlântico Norte, a detecção de estrutura populacional em fina-escala dentro de áreas costeiras e estuarinas também foi possível (LOWTHER-THIELEKING et al., 2014; LOUIS et al., 2014; FRUET et al. 2014).

Recentemente, estudos de morfologia craniana e de genética demonstraram diferenciação entre os ecótipos costeiro e oceânico de *T. truncatus* no Oceano Atlântico Sul Ocidental (COSTA et al., 2016; FRUET et al., 2017; SIMÕES-LOPES et al., 2019). Enquanto o ecótipo costeiro tem uma distribuição restrita

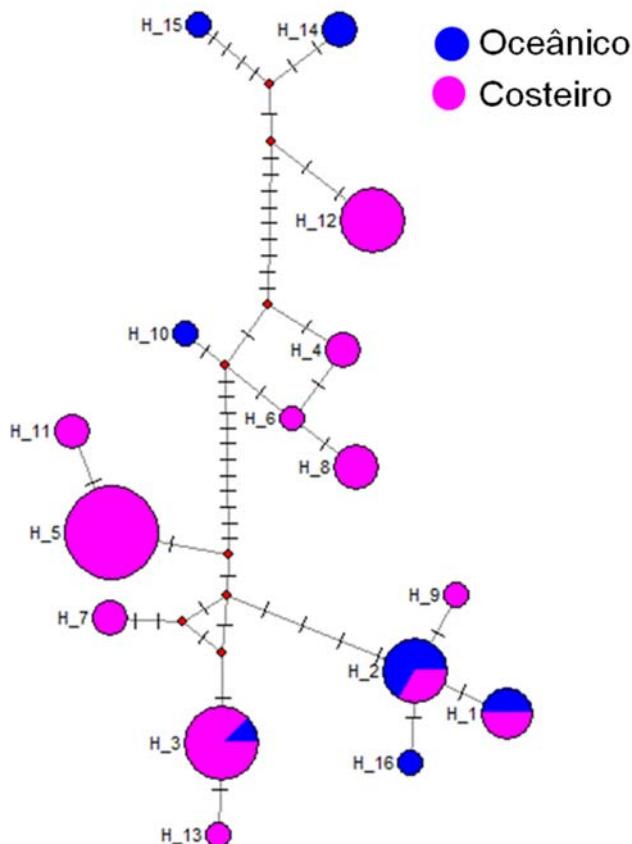
às águas rasas (< 20 metros) do litoral sul do Brasil (acima de 27°S) e ele esteja associado a foz de rios, estuários e lagoas (SIMÕES-LOPES & FÁBIAN, 1999; LAPORTA et al., 2016), as avistagens do ecótipo oceânico são distribuídas mais amplamente, incluindo águas costeiras e profundas (> 150 metros), até a quebra da plataforma continental (> 100 km) (DI TULLIO et al., 2016; SIMÕES-LOPES et al., 2019). No entanto, alguns autores sugerem que os dois ecótipos são diferentes subespécies (COSTA et al., 2016) ou mesmo espécies (WICKERT et al., 2016) vivendo em simpatria (27°S - 35°S) nas águas do sul do Brasil.

A maioria das amostras da espécie nas campanhas do PMC-BS foi coletada perto da costa (n = 43), em profundidades menores que 60 metros (**Figura V.3-10**). No entanto, os indivíduos apresentaram uma morfologia característica do ecótipo oceânico, com a coloração mais escura, a nadadeira dorsal falcada e o rostro mais curto (SIMÕES-LOPES et al., 2019).



**Figura V.3-10:** Locais de coleta de biópsia de indivíduos de *Tursiops truncatus* na Bacia de Santos.

Um total de 16 haplótipos da região controle de DNAmt foi encontrado em 54 indivíduos e para avaliar suas relações filogenéticas e frequências relativas foi construída uma rede de haplótipos (*network*) *median-joining* (*MJ*) usando o programa NETWORK 5.0.1.1 (BANDELT et al., 1999). Dos 16 haplótipos, nove foram exclusivos de indivíduos costeiros, quatro foram exclusivos de indivíduos oceânicos, e três foram compartilhados entre ambos, sendo que o haplótipo H\_2 apresentou uma frequência maior de indivíduos oceânicos e o haplótipo H\_3 uma frequência maior de indivíduos costeiros (Figura V.3-11).



**Figura V.3-11:** Rede de haplótipos median-joining das sequências (675 pares de base) da região controle do DNAmt de *Tursiops truncatus* da Bacia de Santos. Os círculos representam os haplótipos encontrados e seus tamanhos são proporcionais à frequência de haplótipos sobre os 54 indivíduos amostrados. Os traços representam os passos mutacionais entre os haplótipos, enquanto os pontos vermelhos representam os haplótipos extintos ou não amostrados.

Para investigar a estrutura genética dos golfinhos-nariz-de-garrafa amostrados na Bacia de Santos e identificar a qual ecótipo eles pertencem, os 16 haplótipos encontrados até o momento foram primeiramente comparados com os haplótipos (números de acesso no GenBank: MF405801 - MF405833) reportados em um estudo genético que engloba amostras dos dois ecótipos (FRUET et al., 2017). Além disso, a comparação incluiu os dois haplótipos (números de acesso no GenBank: KC896604 e KC896608) encontrados na população oceânica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (CASTILHO et al., 2015).

A inclusão das sequências dos 35 haplótipos publicados (33 haplótipos do sul do Brasil e 2 haplótipos do ASPSP) demandou que o alinhamento (675 pares de bases) das 54 sequências da Bacia de Santos fosse encurtado para 458 pares de bases. Esse alinhamento de 89 sequências resultou em 45 haplótipos definidos por 50 sítios polimórficos. Desses haplótipos, cinco foram compartilhados entre as amostras da Bacia de Santos e os haplótipos HAP009, HAP012, HAP013, HAP016 e HAP028 (MF405815, MF405812, MF405816, MF405818 e MF405820, respectivamente) encontrados em amostras do ecótipo oceânico, 10 foram exclusivos das amostras da Bacia de Santos, dois foram exclusivos do ASPSP e 28 foram exclusivos do estudo de Fruet et al. (2017) (Tabela V.3-18).

Quatro (HAP009, HAP012, HAP016 e HAP028) dos cinco haplótipos compartilhados foram encontrados somente no haplogrupo 3, que engloba somente as amostras oceânicas. Desses, dois haplótipos (HAP009 e HAP012) foram os que apresentaram maior frequência de indivíduos (HAP9 = 8 indivíduos e HAP10 = 15 indivíduos, ver Tabela V.3-18) da espécie na Bacia de Santos, estando a maioria amostrada na área costeira, exceto o indivíduo G99.

**Tabela V.3-18:** Frequência dos haplótipos (458 pares de base) da região controle do DNAmt de *Tursiops truncatus* na Bacia de Santos (BS) e haplótipos compartilhados e privados entre os *T. truncatus* dos ecótipos costeiro e oceânico do sul do Brasil (FRUET et al., 2017) e oceânico do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (CASTILHO et al., 2015). \* indivíduos amostrados na área oceânica.

Haplótipos	Nº acesso GenBank, haplótipo ou amostra	Amostras Bacia Santos	Ecótipo costeiro	Ecótipo oceânico
HAP1	KC896608_H1	0	0	13 do ASPSP
HAP2	KC896604_H2	0	0	4 do ASPSP
HAP3	HAP003	0	1	0
HAP4	HAP004	0	12	0
HAP5	HAP005	0	2	0
HAP6	HAP006	0	2	0
HAP7	HAP007	0	22	0
HAP8	HAP008	0	61	0
HAP9	HAP009, G5, G8, G15, G17, G33, G99*, G125, G238	8	0	7
HAP10	HAP012, G12, G13, G31, G34, G47, G48, G108, G109, G113, G114, G127, G237, G308, G324, G325	15	0	3
HAP11	HAP013, G18	1	0	1
HAP12	HAP014	0	8	0
HAP13	HAP016, G123, G126, G143, G236, G239, G326	6	0	4
HAP14	HAP019	0	0	5
HAP15	HAP020	0	7	0
HAP16	HAP021	0	12	0
HAP17	HAP023	0	0	6
HAP18	HAP024	0	1	0
HAP19	HAP025	0	1	0
HAP20	HAP026	0	0	6
HAP21	HAP027	0	0	1
HAP22	HAP028, G321*	1	0	1
HAP23	HAP030	0	0	1
HAP24	HAP031	0	0	1
HAP25	HAP032	0	0	1

Haplótipos	Nº acesso GenBank, haplótipo ou amostra	Amostras Bacia Santos	Ecótipo costeiro	Ecótipo oceânico
HAP26	HAP033	0	0	1
HAP27	HAP034	0	0	1
HAP28	HAP035	0	0	1
HAP29	HAP036	0	0	1
HAP30	HAP037	0	0	1
HAP31	HAP038	0	0	1
HAP32	HAP039	0	0	1
HAP33	HAP040	0	0	1
HAP34	HAP041	0	0	1
HAP35	TLD012	0	-	-
HAP36	G1*, G6, G270, G343*	4	0	0
HAP37	G2*, G14, G84*, G122, G168*, G342*	6	0	0
HAP38	G7, G208	2	0	0
HAP39	G32, G228	2	0	0
HAP40	G37, G276, G327	3	0	0
HAP41	G58	1	0	0
HAP42	G100*	1	0	0
HAP43	G128	1	0	0
HAP44	G173*, G322*	2	0	0
HAP45	G344*	1	0	0

Posteriormente, os haplótipos de *T. truncatus*, que ocorrem na Bacia de Santos, e dos ecótipos costeiros e oceânicos foram comparados com os haplótipos (números de acesso no GenBank: KP404604 - KP404611) encontrados em um estudo genético de *T. truncatus* no sul do Brasil, incluindo amostras de Laguna, Santa Catarina, da foz do rio Mampituba, Rio Grande do Sul, e amostras de encalhe do litoral dos dois estados (COSTA et al., 2015). Esses haplótipos também foram comparados com os 32 haplótipos (nomeados HAPLO) reportados no estudo genético mais recente que engloba amostras do Arquipélago de São Pedro e São Paulo ( $n = 18$ ), do Nordeste ( $n = 15$ ), das Bacias de Campos e de Santos ( $n = 45$ ) e do Rio Grande do Sul ( $n = 30$ ) (OLIVEIRA et

al., 2019). As sequências desse estudo não estão publicamente disponíveis no GenBank, mas foram disponibilizadas pelos autores.

Para incluir as sequências mais curtas dos oito e 32 haplótipos publicados, respectivamente, em Costa et al. (2015) e Oliveira et al. (2019), o alinhamento das 89 sequências anteriores foi encurtado para 317 pares de bases. O alinhamento das 129 sequências resultou em 65 haplótipos definidos por 41 sítios polimórficos e 23 inserções/deleções. Desses haplótipos, dois foram compartilhados entre as amostras da Bacia de Santos, os haplótipos KP404607 e KP404608 do Sul do Brasil, e respectivamente HAPLO5\_020 e HAPLO7\_026, e HAP012 e HAP009 do ecótipo oceânico. Um haplótipo foi compartilhado entre três amostras da Bacia de Santos e os haplótipos KP404604, do sul do Brasil, e HAPLO14\_GEMM57, encontrado em uma amostra da Bacia de Campos.

Dois haplótipos foram compartilhados entre as amostras da Bacia de Santos e os haplótipos HAP016 e HAP019, encontrados em amostras do ecótipo oceânico, e respectivamente HAPLO28\_G1477, encontrado em uma amostra do Rio Grande do Sul, e HAPLO4\_019, encontrado em 11 amostras das Bacias de Campos e Santos. Três haplótipos foram compartilhados entre as amostras da Bacia de Santos e os haplótipos HAP013, HAP023 e HAP028, também encontrados em amostras do ecótipo oceânico. O haplótipo KP404605, encontrado no grupo 3 (Cluster 3) de Costa et al. (2015), foi compartilhado com o HAPLO6\_021 encontrado em cinco amostras das Bacias de Campos e Santos.

Já os haplótipos HAP007, HAP008 e HAP014, encontrados em amostras do ecótipo costeiro, foram compartilhados respectivamente com os haplótipos KP404606, KP404610 (ou HAPLO24\_G1165) e KP404611 (ou HAPLO23\_G1021), do sul do Brasil. Três haplótipos foram exclusivos do ASPSP, 22 foram exclusivos do estudo de Fruet et al. (2017), 21 foram exclusivos do estudo de Oliveira et al. (2019), seis foram exclusivos das amostras da Bacia de Santos, e um foi exclusivo do estudo de COSTA et al. (2015) (**Tabela V.3-19**).

Interessantemente, os três haplótipos de *T. truncatus* do sul do Brasil compartilhados com as amostras da Bacia de Santos foram encontrados somente no grupo 3 de Costa et al. (2015), que eram amostras de encalhes no

litoral de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, e que foram diferenciadas das amostras das duas populações estuarinas residentes, uma de Laguna, Santa Catarina, e outra de Tramandaí, Rio Grande do Sul. Além disso, dois desses haplótipos também foram compartilhados com os haplótipos HAP009 e HAP012 do ecótipo oceânico, e um haplótipo foi compartilhado com o HAPLO14\_GEMM57 encontrado em uma amostra da Bacia de Campos.

Da mesma forma, quatro haplótipos encontrados em amostras das Bacias de Campos e Santos do estudo de Oliveira et al. (2019) foram compartilhados com aqueles encontrados no grupo 3. Ao contrário, os três haplótipos encontrados nos grupos 1 e 2 (de Laguna e Tramandaí, respectivamente) foram compartilhados com haplótipos do ecótipo costeiro.

Apesar desses resultados ainda serem preliminares e da necessidade da obtenção de mais amostras para elucidar a estrutura populacional da espécie, esse compartilhamento de haplótipos indica que os indivíduos de *T. truncatus* amostrados na área costeira da Bacia de Santos pertencem ao ecótipo oceânico, com altos níveis de diversidade genética. Este resultado é confirmado pelos padrões de coloração e nadadeira dorsal mais falcada, que indicam que todos os grupos com biópsia coletada no PMC-BS são do ecótipo oceânico (ver SIMÕES-LOPES et al., 2019).

**Tabela V.3-19:** Frequência dos haplótipos (317 pares de base) da região controle do DNAmt de *Tursiops truncatus* na Bacia de Santos (BS) e haplótipos compartilhados e privados entre os *T. truncatus* do sul do Brasil (COSTA et al., 2017), ecótipos costeiro e oceânico (FRUET et al., 2017), e oceânico do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (CASTILHO et al., 2015). \* indivíduos amostrados na área oceânica.

Haplótipos	Nº acesso GenBank, haplótipo ou amostra	Amostras Bacia Santos	Ecótipo Costeiro	Ecótipo oceânico
HAP1	KC896608_H1, HAPLO2_B	0	0	18 do ASPSP
HAP2	KC896604_H2	0	0	4 do ASPSP
HAP3	HAP003	0	1	0
HAP4	HAP004	0	12	0
HAP5	HAP005	0	2	0
HAP6	HAP006	0	2	0
HAP7	HAP007, KP404606 (grupos 1, 2 e 3)	0	22	0
HAP8	HAP008, KP404610 (grupos 2 e 3), HAPLO24_G1165 (5 RS)	0	61	0
HAP9	HAP009, KP404608 (grupo 3), HAPLO7_026 (13 BC/BS), G5, G8, G15, G17, G33, G99*, G125, G238	8	0	7
HAP10	HAP012, KP404607 (grupo 3), HAPLO5_020 (13 BC/BS), G12, G13, G31, G34, G47, G48, G108, G109, G113, G114, G127, G237, G308, G324, G325	15	0	3
HAP11	HAP013, HAP039, G18	1	0	2
HAP12	HAP014, KP404611 (grupo 2), HAPLO23_G1021 (2 RS)	0	8	0
HAP13	HAP016, HAPLO28_G1477 (1 RS), G123, G126, G143, G236, G239, G326	6	0	4
HAP14	HAP019, HAPLO4_019 (11 BC/BS), G1*, G6, G270, G343*	4	0	5
HAP15	HAP020	0	7	0
HAP16	HAP021	0	12	0
HAP17	HAP023, G2*, G14, G84*, G122, G168*, G342*, G344*	7	0	6
HAP18	HAP024	0	1	0
HAP19	HAP025	0	1	0
HAP20	HAP026	0	0	6

Haplótipos	Nº acesso GenBank, haplótipo ou amostra	Amostras Bacia Santos	Ecótipo Costeiro	Ecótipo oceânico
HAP21	HAP027	0	0	1
HAP22	HAP028, G321*	1	0	1
HAP23	HAP030	0	0	1
HAP24	HAP031	0	0	1
HAP25	HAP032	0	0	1
HAP26	HAP033	0	0	1
HAP27	HAP034	0	0	1
HAP28	HAP035	0	0	1
HAP29	HAP036	0	0	1
HAP30	HAP037	0	0	1
HAP31	HAP038	0	0	1
HAP32	HAP040	0	0	1
HAP33	HAP041	0	0	1
HAP34	TLD012	0	-	-
HAP35	KP404604 (grupo 3), HAPLO14_GEMM (1 BC/BS e 1 RS), G37, G276, G327	3	-	-
HAP36	KP404605 (grupo 3), HAPLO6_021 (5 BC/BS)	0	0	0
HAP37	KP404609	0	0	0
HAP38	HAPLO1_A (1 SPSP)	0	0	1
HAP39	HAPLO13_018, HAPLO03_023 (4 BC/BS)	0	0	4
HAP40	HAPLO8_027 (1 BC/BS)	0	0	1
HAP41	HAPLO9_071 (1 BC/BS)	0	0	1
HAP42	HAPLO10_075 (1 BC/BS)	0	0	1
HAP43	HAPLO11_081 (1 BC/BS)	0	0	1
HAP44	HAPLO12_GEMM120 (1 BC/BS)	0	0	1
HAP45	HAPLO15_NE001 (4 RN)	0	0	0
HAP46	HAPLO16_NE003 (2 RN)	0	0	0
HAP47	HAPLO17_02C373 (1 CE)	0	0	0
HAP48	HAPLO18_02C375 (1 CE)	0	0	0
HAP49	HAPLO19_P2 (2 BA)	0	0	0
HAP50	HAPLO20_P4 (1 BA)	0	0	0
HAP51	HAPLO21_P5 (1 BA)	0	0	0
HAP52	HAPLO22_P7 (1 BA)	0	0	0
HAP53	HAPLO25_G1235 (9 RS)	0	9	0
HAP54	HAPLO26_G1265 (1 RS)	0	1	0

Haplótipos	Nº acesso GenBank, haplótipo ou amostra	Amostras Bacia Santos	Ecótipo Costeiro	Ecótipo oceânico
HAP55	HAPLO27_G1283 (1 RS)	0	0	1
HAP56	HAPLO29_G820 (1 RS)	0	1	0
HAP57	HAPLO31_GEMAM441 (1 PA)	0	0	0
HAP58	HAPLO32_GUIANA	0	0	0
HAP59	HAPLO30_G1320 (1 RS)	0	1	0
HAP60	G7, G208	2	0	0
HAP61	G32, G228	2	0	0
HAP62	G58	1	0	0
HAP63	G100*	1	0	0
HAP64	G128	1	0	0
HAP65	G173*, G322*	2	0	0

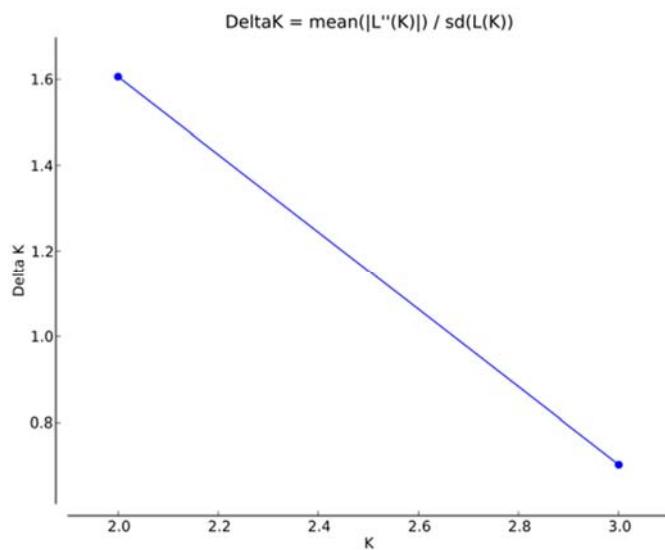
Embora os haplótipos encontrados nas amostras da Bacia de Santos não tenham sido compartilhados com os três do ASPSP, um haplótipo encontrado em cinco indivíduos (G2, G84, G168, G342 e G344) amostrados em áreas oceânicas (em 242, 341, 225, 86 e 86 metros de profundidade, respectivamente) e em dois indivíduos (G14 e G122) amostrados próximos da costa (em 56 e 49 metros de profundidade) foi compartilhado com um haplótipo encontrado nos indivíduos de *T. truncatus* do Arquipélago dos Açores e do Golfo da Biscaia (QUEROUIL et al., 2007; LOUIS et al., 2104). Esse resultado corrobora a falta de estrutura encontrada nos indivíduos oceânicos de *T. truncatus* do Oceano Atlântico Norte, sugerindo que a população desse oceano é uma grande população panmítica.

A existência de estruturação genética e o provável número de populações (k) de *T. truncatus* na Bacia de Santos também foram avaliados usando os locos de microssatélites e uma abordagem de agrupamento Bayesiano implementada no programa STRUCTURE 2.3.3 (PRITCHARD et al., 2007). Primeiro, foram realizadas cinco corridas independentes para cada número de agrupamento (K) entre 1 e 4, com nenhuma informação sobre local de amostragem, usando os modelos de "admixture" e "correlated allele frequencies", com eliminação das 500.000 primeiras iterações (burn-in) e uma amostragem de 1.000.000 iterações na Cadeia de Markov. Uma segunda série de análises foi realizada usando os

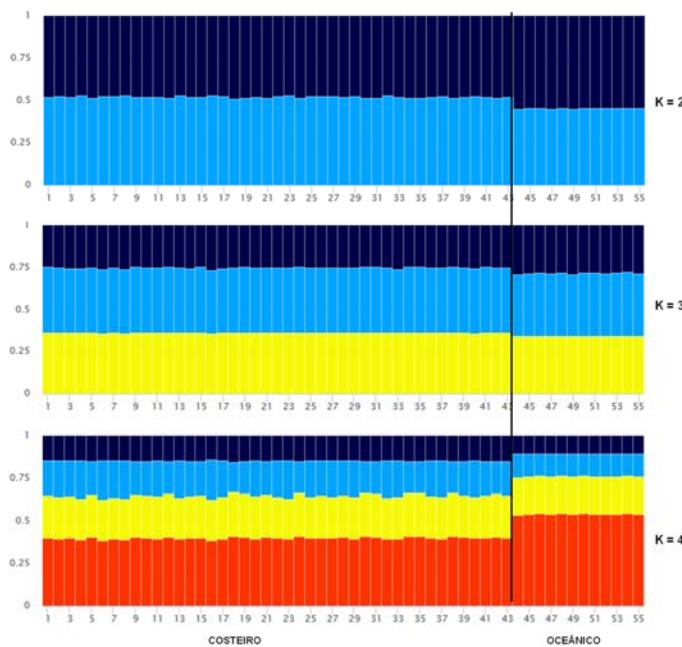
mesmos parâmetros, mas com a informação sobre o local de amostragem, separando indivíduos amostrados em áreas costeiras ( $n = 43$ ) daqueles amostrados em áreas oceânicas ( $n = 12$ ), para auxiliar na identificação de agrupamentos.

Os resultados gerados foram processados no STRUCTURE HARVESTER 0.6.94 (EARL & VONHOLDT, 2012), que determina o melhor número de agrupamentos usando o método de Evanno (EVANNO et al., 2005). Os múltiplos resultados gerados pelo STRUCTURE foram resumidos no CLUMPP (JAKOBSSON & ROSENBERG, 2007) e exibidos graficamente pelo DSTRUCT (ROSENBERG, 2004).

Os resultados do STRUCTURE, com e sem informação sobre local de amostragem, apresentaram a maior probabilidade posterior (Mean LnP(K) = -1699) de  $K = 1$ , indicando uma única população de *T. truncatus* na Bacia de Santos. Embora esses resultados não tenham sido corroborados pelo método  $\Delta K$  de Evanno, que favoreceu  $K = 2$  (**Figura V.3-12**) nas duas análises (com e sem informação sobre local de amostragem), um exame minucioso misturou todos os indivíduos, e os valores de atribuição ficaram próximos de 0,5 (**Figura V.3-13**), indicando que o programa está atribuindo os indivíduos aleatoriamente às populações K por falta de estrutura subjacente.



**Figura V.3-12:**  $\Delta K$  calculado usando STRUCTURE HARVESTER para agrupamentos de 1 a 4 dos *Tursiops truncatus* da Bacia de Santos.



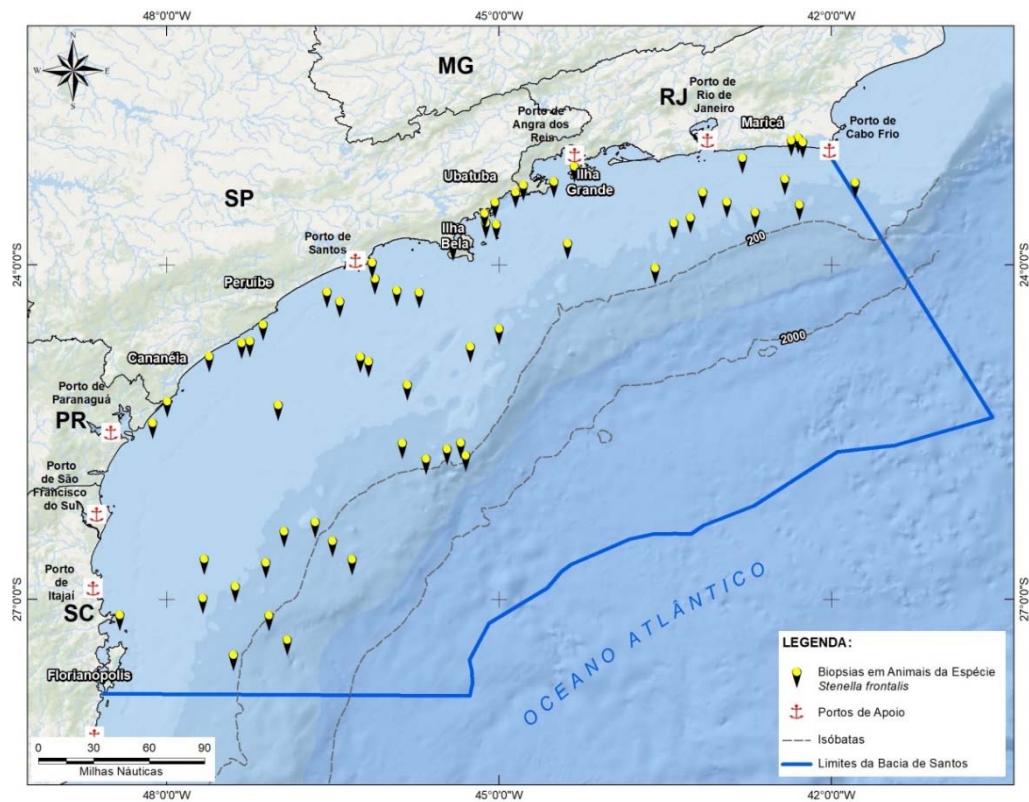
**Figura V.3-13:** Gráfico do STRUCTURE com a proporção de associação de cada indivíduo de *Tursiops truncatus* a cada agrupamento para  $K = 2$  a  $K = 4$  com o local de amostragem na Bacia de Santos informado (costeiro x oceânico). Cada indivíduo é representado por uma barra vertical dividida em segmentos coloridos com o comprimento indicando o coeficiente de associação a cada agrupamento.

Esse resultado em conjunto com o compartilhamento de haplótipos dos indivíduos amostrados na costa da Bacia de Santos com aqueles do ecótipo oceânico e os dados sobre movimentos da espécie por transmissores satelitais e fotoidentificação (ver **item V.2.2. Movimentos**) sugerem que a população de *T. truncatus* na Bacia de Santos faz parte de uma população panmítica, com os indivíduos oceânicos utilizando as áreas costeiras com frequência. Interessantemente, no leste do Oceano Pacífico, as amostras coletadas a mais de 1 km de distância da costa foram consideradas como pertencentes à população oceânica (LOWTHER-THIELEKING et al., 2015). Finalmente, esses resultados corroboram os estudos genéticos dos golfinhos-nariz-de-garrafa de diferentes regiões, que têm evidenciado que os golfinhos oceânicos exibem maior diversidade genética e menor diferenciação genética e sub-estruturação das populações do que aqueles restritos às águas rasas das populações costeiras (QUÉROUIL et al., 2007; TENZANOS-PINTO et al., 2009; FRUET et al., 2017).

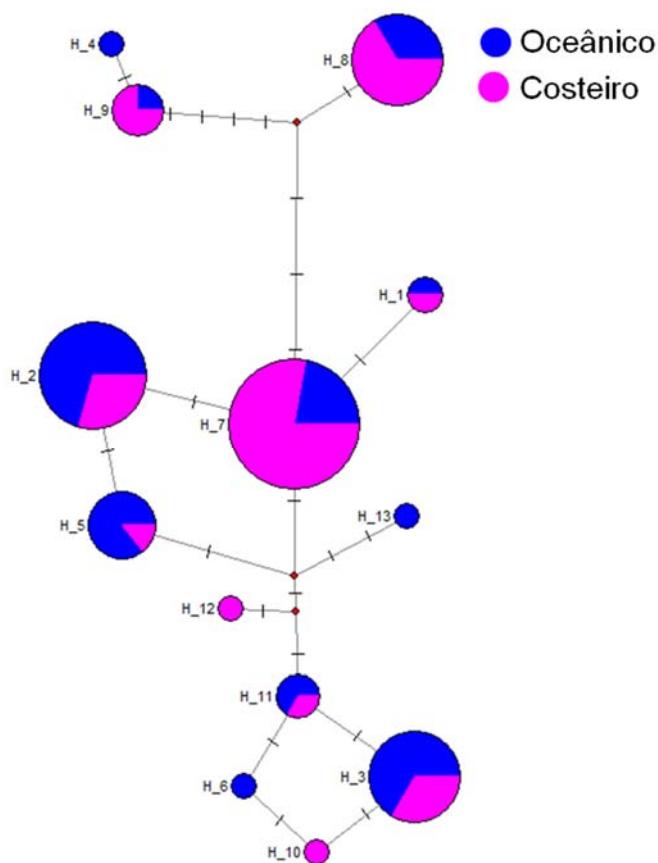
#### *Golfinho-pintado-do-Atlântico, Stenella frontalis*

A espécie com maior amostragem nas campanhas do PMC-BS foi *S. frontalis* ( $n = 89$ ), sendo que 46 indivíduos foram amostrados próximos à costa (profundidade abaixo de 80 metros) e 43 indivíduos em áreas oceânicas (**Figura V.3-14**). Um total de 13 haplótipos da região controle de DNAmf foi encontrado nesses indivíduos e, para avaliar suas relações filogenéticas e frequências relativas, foi construída uma rede de haplótipos (*network*) *median-joining* (*MJ*) usando o programa NETWORK 5.0.1.1.

Dos 13 haplótipos, dois foram exclusivos de dois indivíduos costeiros, três foram exclusivos de três indivíduos oceânicos, e oito foram compartilhados entre ambos, sendo que três (HAP2, HAP3 e HAP5) apresentaram uma frequência maior de indivíduos oceânicos e três (HAP7, HAP8, HAP9) uma frequência maior de indivíduos costeiros (**Figura V.3-15, Tabela V.3-20**).



**Figura V.3-14: Locais de coleta de biópsia de indivíduos de *Stenella frontalis* na Bacia de Santos.**



**Figura V.3-15:** Rede de haplótipos median-joining das sequências (685 pares de base) da região controle do DNAmt de *Stenella frontalis* da Bacia de Santos. Os círculos representam os haplótipos encontrados e seus tamanhos são proporcionais à frequência de haplótipos sobre os 89 indivíduos amostrados. Os traços representam os passos mutacionais entre os haplótipos, enquanto os pontos vermelhos representam os haplótipos extintos ou não amostrados.

**Tabela V.3-20: Frequência dos haplótipos da região controle do DNAmt de *Stenella frontalis* na Bacia de Santos (BS). N = número de indivíduos amostrado em área costeira ou oceânica.**

Haplótipos	Número amostra	N costeiro	N oceânico
HAP1	G9, G35	1	1
HAP2	G26, G27, G38, G39, G46, G61, G87, G115, G167, G200, G227, G232, G241, G283, G303, G336, G340	5	12
HAP3	G36, G40, G92, G120, G121, G179, G211, G219, G271, G297, G341, G345	4	8
HAP4	G43	0	1
HAP5	G49, G91, G218, G226, G243, G298, G323	1	6
HAP6	G50	0	1
HAP7	G53, G54, G55, G56, G57, G111, G117, G118, G119, G158, G159, G172, G213, G220, G233, G234, G235, G242, G274, G299, G301, G304, G305, G306, G307, G310, G311	21	6
HAP8	G79, G83, G155, G171, G174, G178, G206, G210, G214, G302, G312, G346	8	4
HAP9	G82, G90, G207, G231	3	1
HAP10	G124	1	0
HAP11	G154, G221, G222	1	2
HAP12	G166	1	0
HAP13	G337	0	1

Os haplótipos encontrados na Bacia de Santos foram primeiramente comparados com os três haplótipos (números de acesso no GenBank: KC204733 - KC204735) encontrados em indivíduos de *S. frontalis* do Brasil e três haplótipos (KC204737, KC204738 e KC204740) encontrados em indivíduos do Caribe (CABALLERO et al., 2013). Para incluir as sequências mais curtas desses haplótipos, o alinhamento foi encurtado para 359 pares de bases, resultando em 11 haplótipos definidos por 13 sítios polimórficos. Os três haplótipos do Brasil foram compartilhados com as amostras da Bacia de Santos. Assim, o haplótipo KC204733 foi compartilhado com o haplótipo de oito indivíduos costeiros (G79, G83, G155, G174, G178, G214, G302 e G312) e quatro oceânicos (G171, G206, G210 e G346), o haplótipo KC204734 foi

compartilhado com um indivíduo costeiro (G166), e o haplótipo KC204735 com oito indivíduos oceânicos (G36, G40, G92, G211, G219, G297, G341 e G345) e quatro costeiros (G120, G124, G179 e G271). Não houve compartilhamento com os haplótipos do Caribe.

Os haplótipos (359 pares de base) de *S. frontalis* da Bacia de Santos também foram comparados com os haplótipos encontrados em indivíduos do oeste do Oceano Atlântico Norte, do Golfo do México, do Arquipélago dos Açores e do Arquipélago de Madeira (QUEROIUL et al., 2010; VIRICEL & ROSEL, 2014). O haplótipo HAP2 da Bacia de Santos foi compartilhado com um haplótipo encontrado no oeste do Oceano Atlântico Norte (SF42), em um indivíduo da plataforma continental e em quatro indivíduos oceânicos, e em indivíduos do Arquipélago de Madeira (SFM12). O haplótipo HAP4 foi compartilhado com um haplótipo (SFM11) encontrado em indivíduos amostrados no Arquipélago de Madeira e no Arquipélago dos Açores. Já os haplótipos HAP6 e HAP13 foram compartilhados, respectivamente, com um haplótipo (SFA25) do Arquipélago dos Açores e um haplótipo (SF49) encontrado em um indivíduo oceânico do oeste do Atlântico Norte (QUEROIUL et al., 2010; VIRICEL & ROSEL, 2014).

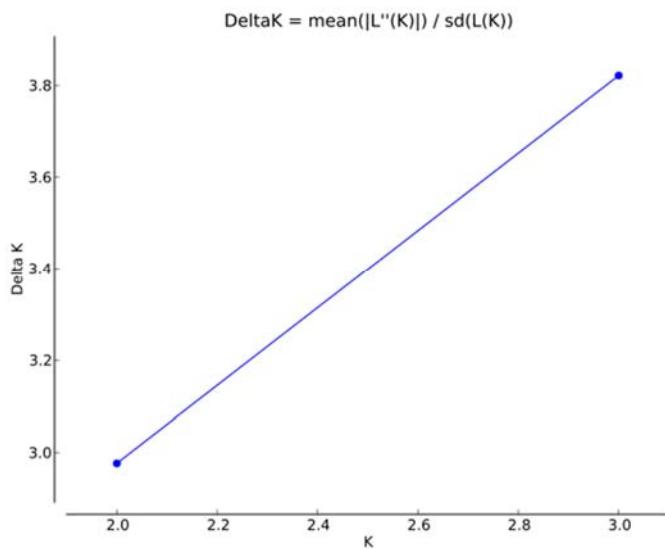
Como houve um número significativo de amostras coletadas tanto em áreas costeiras quanto oceânicas, a diferenciação genética populacional foi estimada segundo os índices  $F_{ST}$  e  $\Phi_{ST}$  (WEIR & COCKERHAM, 1984) para as sequências da região controle do DNAmt e  $F_{ST}$  para os locos de microssatélites usando o programa ARLEQUIN 3.5 (EXCOFFIER & LISCHE, 2010). Todas as análises foram realizadas com 10.000 permutações. Os dois índices  $F_{ST}$  e  $\Phi_{ST}$  para DNAmt apresentaram uma diferenciação significativa ( $F_{ST} = 0,074$ ,  $P = 0,000$ ;  $\Phi_{ST} = 0,037$ ,  $P = 0,033$ ) entre os indivíduos costeiros e oceânicos. A análise dos locos de microssatélites também apresentou uma diferenciação significativa ( $F_{ST} = 0,011$ ,  $P = 0,001$ ) entre os *S. frontalis* costeiros e oceânicos, mas mais fraca do que aquela obtida com o DNAmt.

Adicionalmente, a existência de estruturação genética e o provável número de populações (K) de *S. frontalis* na Bacia de Santos foram avaliados usando os locos de microssatélites por meio da análise bayesiana no programa STRUCTURE 2.3.3. Cinco corridas independentes para cada agrupamento (K

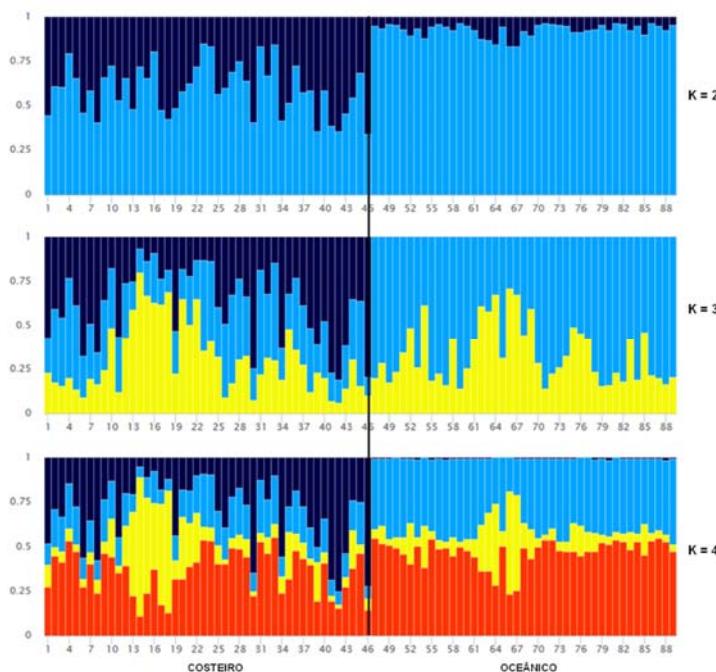
entre 1 e 4) foram realizadas usando os mesmos parâmetros, modelos e comprimento, descritos acima para *T. truncatus*. Da mesma forma, uma segunda análise foi realizada com informação prévia sobre local de amostragem, separando indivíduos amostrados em áreas costeiras ( $n = 46$ ) daqueles amostrados em áreas oceânicas ( $n = 43$ ). Os resultados gerados foram processados no STRUCTURE HARVESTER, resumidos no CLUMPP e exibidos graficamente pelo DISTRUCT.

As duas análises (com e sem informação sobre local de amostragem) apresentaram a maior probabilidade posterior (Mean LnP(K) = -3434 e -3437, respectivamente) para uma única população ( $K = 1$ ) de *S. frontalis* na Bacia de Santos. No entanto, esses resultados não foram corroborados pelo método  $\Delta K$  de Evanno, que favoreceu  $K = 3$  (Figura V.3-16) em ambas as análises. Além disso, os indivíduos oceânicos apresentaram altos valores de atribuição (90%) para um único grupo no gráfico para  $K = 2$ , enquanto os indivíduos costeiros compartilharam aproximadamente 60% dos valores de atribuição com os oceânicos e 40% de um segundo grupo (Figura V.3-17). Da mesma forma, para  $K = 3$ , os indivíduos oceânicos apresentaram 75% dos valores de atribuição a um grupo e 25% a um segundo, e já os costeiros apresentaram valores de atribuição similares para os dois grupos e para um terceiro grupo (~ 30%) (Figura V.3-17).

Essa discrepância nos resultados pode ter sido causada por uma subestruturação nos indivíduos costeiros, como indica o método  $\Delta K$  de Evanno, ou mesmo por uma falha do STRUCTURE (estimando  $K = 1$  pelo Mean LnP(K)) em detectar diferenças entre os indivíduos costeiros e oceânicos, cuja diferenciação genética nuclear é baixa. Waples & Gaggiotti (2006) mostraram que o programa falha ao detectar mais de um agrupamento quando o grau de divergência genética populacional é inferior a 0,025, o que corresponde a 10 migrantes por geração.



**Figura V.3-16:**  $\Delta K$  calculado usando *STRUCTURE HARVESTER* para agrupamentos de 1 a 4 dos *Stenella frontalis* da Bacia de Santos.



**Figura V.3-17:** Gráfico do *STRUCTURE* com a proporção de associação de cada indivíduo de *Stenella frontalis* a cada agrupamento para  $K = 2$  a  $K = 4$  com o local de amostragem na Bacia de Santos informado (costeiro x oceânico). Cada indivíduo é representado por uma barra vertical dividida em segmentos coloridos com o comprimento indicando o coeficiente de associação a cada agrupamento.

Os resultados das análises genéticas, baseadas em DNAm e microssatélites, apresentaram uma significativa estrutura genética populacional entre os indivíduos de *S. frontalis* amostrados em águas costeiras e oceânicas. No entanto, essa diferenciação genética foi de moderada à baixa. O valor de  $F_{ST}$  muito mais baixo para os microssatélites e a falta de detecção de estruturação pelo STRUCTURE sugerem um recente fluxo gênico realizado principalmente pelos machos.

Embora esses dados corroborem o padrão de estrutura populacional observado no oeste do Oceano Atlântico Norte, com diferenciação entre as populações costeiras e oceânicas, os indivíduos dessas populações do Atlântico Norte correspondem a dois morfotipos diferenciados pela morfologia, genética e uso de habitat, podendo até mesmo ser considerados subespécies (VIRICEL & ROSEL, 2014). O compartilhamento de haplótipos entre indivíduos amostrados na Bacia de Santos e aqueles restritos às águas oceânicas do oeste do Atlântico Norte, e dos Arquipélagos de Madeira e dos Açores, sugere que as populações de *S. frontalis* na Bacia de Santos fazem parte do morfotipo oceânico descrito por Perrin et al. (1987). Embora Viricel & Rosel (2014) tenham encontrado cinco haplótipos compartilhados entre os morfotipos da plataforma continental e oceânico, os autores sugerem que esses haplótipos são ancestrais e ainda não alcançaram uma "complete lineage sorting", que significa a segregação completa desses haplótipos dentro das linhagens.

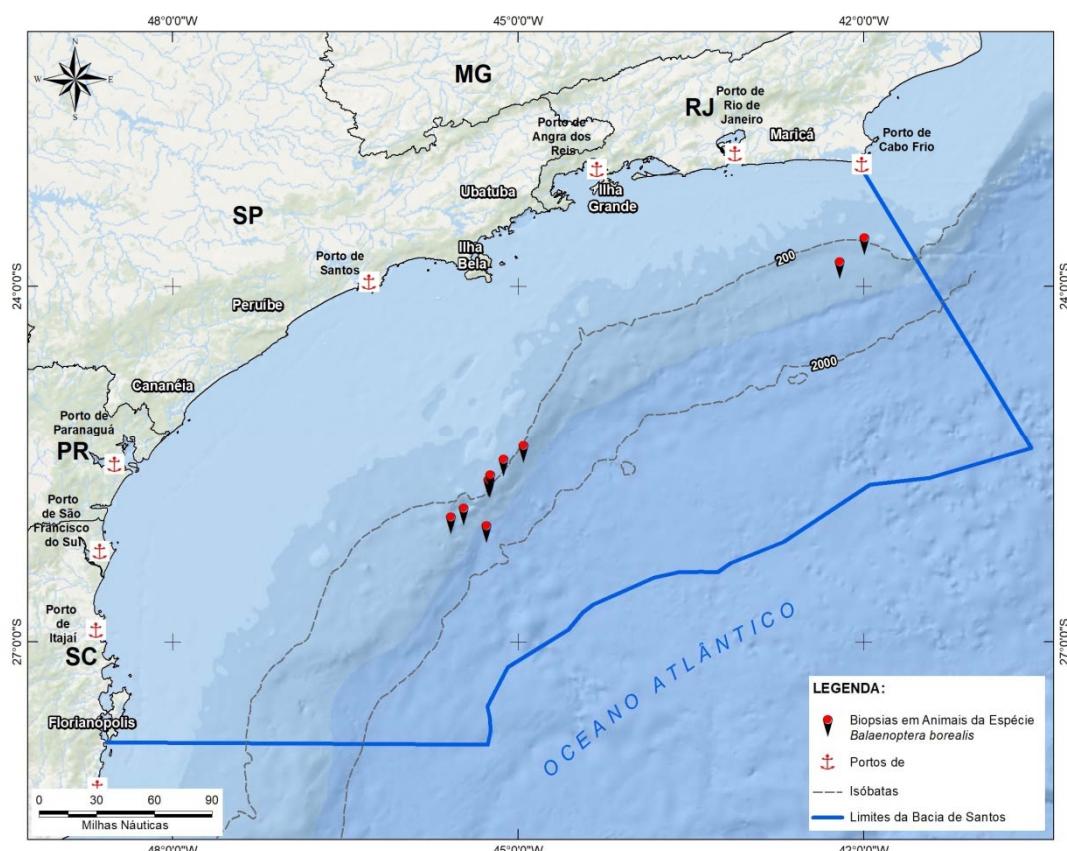
Apesar de preliminares, tais resultados são importantes para a compreensão da estrutura genética populacional dessa espécie na Bacia de Santos. O monitoramento em longo prazo, incluindo constante amostragem e análises mais robustas, vai aprimorar os resultados em escala mais fina.

#### *Baleia-sei, Balaenoptera borealis*

A baleia-sei foi a segunda espécie de misticeto com maior amostragem ( $n = 20$ ) nas campanhas (Figura V.3-18). Além de ser uma das baleias menos estudadas, sua estrutura genética populacional no Oceano Atlântico Sul Ocidental é totalmente desconhecida. O ciclo anual migratório da baleia-sei entre

as baixas e altas latitudes é similar ao padrão migratório anual da maioria dos misticetos, com uma separação antitropical temporal entre populações em diferentes hemisférios.

Recentemente, um estudo genético comparando as populações de baleia-sei do Oceano Atlântico Norte e Pacífico Norte, baseado na genealogia das sequências da região controle do DNAmt, apresentou uma clara divisão dos haplótipos em dois clados, representando cada oceano. No entanto, um haplótipo encontrado em um indivíduo amostrado no Arquipélago dos Açores foi incluído no clado do Pacífico Norte (HUIJSER et al., 2018). Os autores sugerem que esse haplótipo deve representar uma recente linhagem maternal imigrante do Oceano Atlântico Sul ou uma linhagem do DNAmt rara do Atlântico Norte.



**Figura V.3-18:** Locais de coleta de biópsia de indivíduos de *Balaenoptera borealis* na Bacia de Santos.

Para investigar a estrutura genética das baleias-sei amostradas na Bacia de Santos, os 13 haplótipos encontrados até o momento foram comparados com os sete haplótipos (números de acesso no GenBank: MH035689 - MH035695) encontrados em 84 indivíduos do Atlântico Norte (HUIJSER et al., 2018). Para incluir as sequências dos sete haplótipos publicados, o alinhamento (708 pares de bases) das 20 sequências da Bacia de Santos foi encurtado para 481 pares de bases. Esse alinhamento de 104 sequências resultou em 20 haplótipos definidos por 23 sítios polimórficos. Não houve compartilhamento de haplótipos entre os dois oceanos.

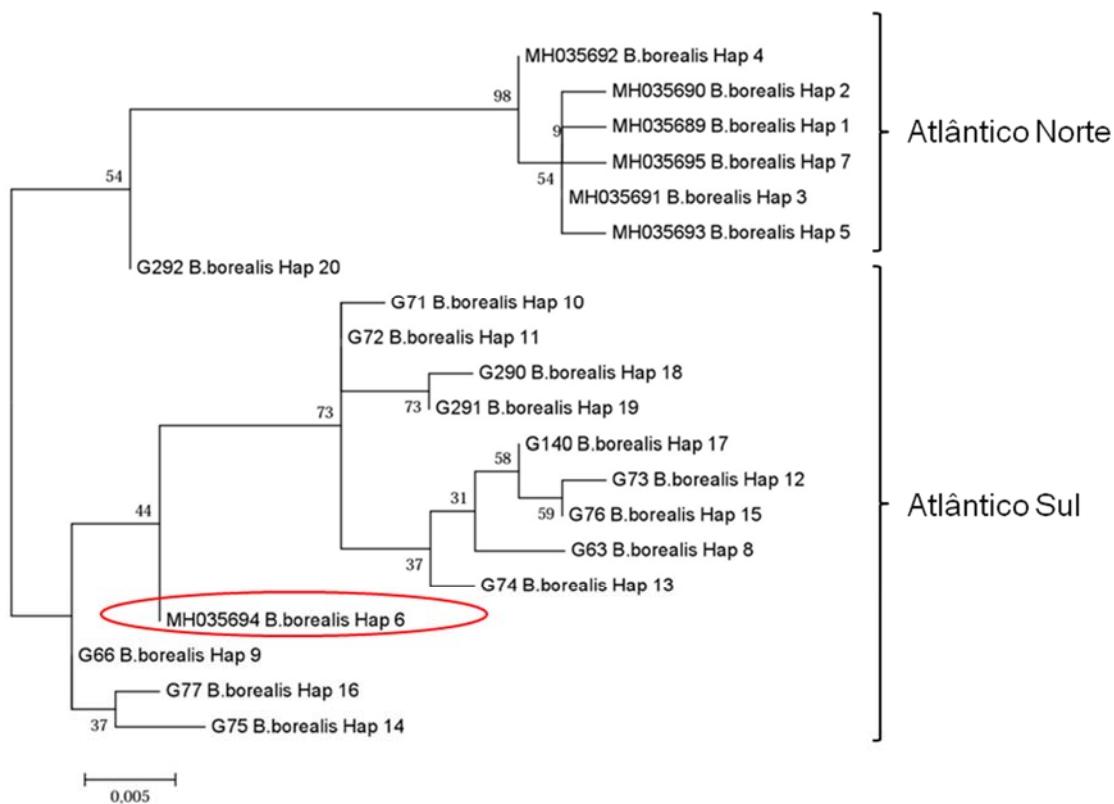
A diferenciação genética populacional foi estimada segundo os índices  $F_{ST}$  e  $\Phi_{ST}$  para as sequências da região controle do DNAmt usando o programa ARLEQUIN 3.5. Todas as análises foram realizadas com 10.000 permutações. Os dois índices  $F_{ST}$  e  $\Phi_{ST}$  apresentaram uma diferenciação significativa e elevada ( $F_{ST} = 0,204$ ;  $\Phi_{ST} = 0,816$ ,  $P = 0,000$ ) entre as populações de baleia-sei do Oceano Atlântico Norte e Sul.

Para avaliar a relação ancestral entre os haplótipos de DNAmt encontrados nos dois oceanos, uma árvore filogenética foi construída usando o método de máxima verossimilhança implementado no MEGA 6.06 (TAMURA et al., 2013). O modelo *Kimura's 2-parameter* foi selecionado, e a árvore consenso e o suporte para cada nó foram inferidos por 10.000 réplicas de amostragem (FELSENSTEIN, 1985). Além disso, uma árvore filogenética de *neighbor-joining* foi estimada em MEGA usando os mesmos parâmetros da genealogia de máxima verossimilhança. As relações filogenéticas entre os haplótipos de DNAmt e suas frequências relativas em cada população também foram avaliadas por meio de uma rede de haplótipos (*network*) *median-joining* (*MJ*) construída com NETWORK 5.0.1.1, usando os parâmetros padrões (BANDELT et al., 1999).

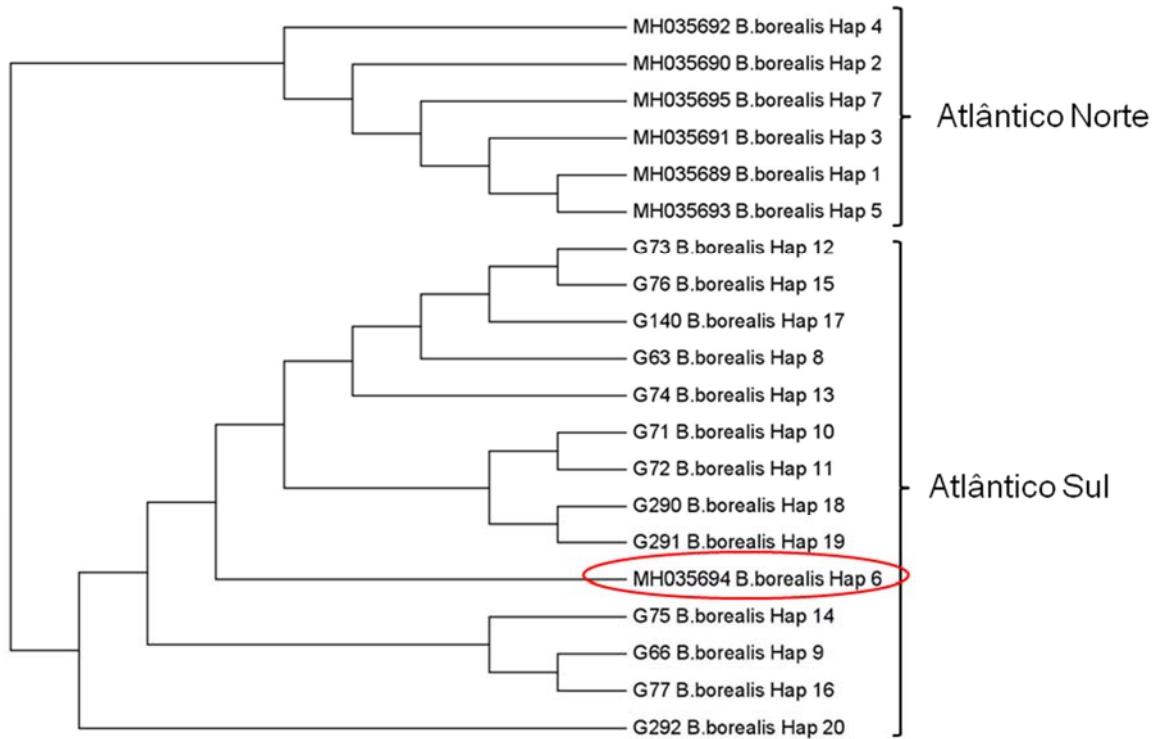
A reconstrução filogenética dos haplótipos de DNAmt abrangeu dois clados, um contendo os seis haplótipos encontrados nos indivíduos do Atlântico Norte, e outro contendo os 13 haplótipos encontrados nos indivíduos do Atlântico Sul, e o haplótipo Hap\_6 encontrado em um único indivíduo amostrado no

Arquipélago dos Açores (**Figura V.3-19**). Além disso, a árvore filogenética de *neighbour-joining* apresentou uma topologia similar (**Figura V.3-20**).

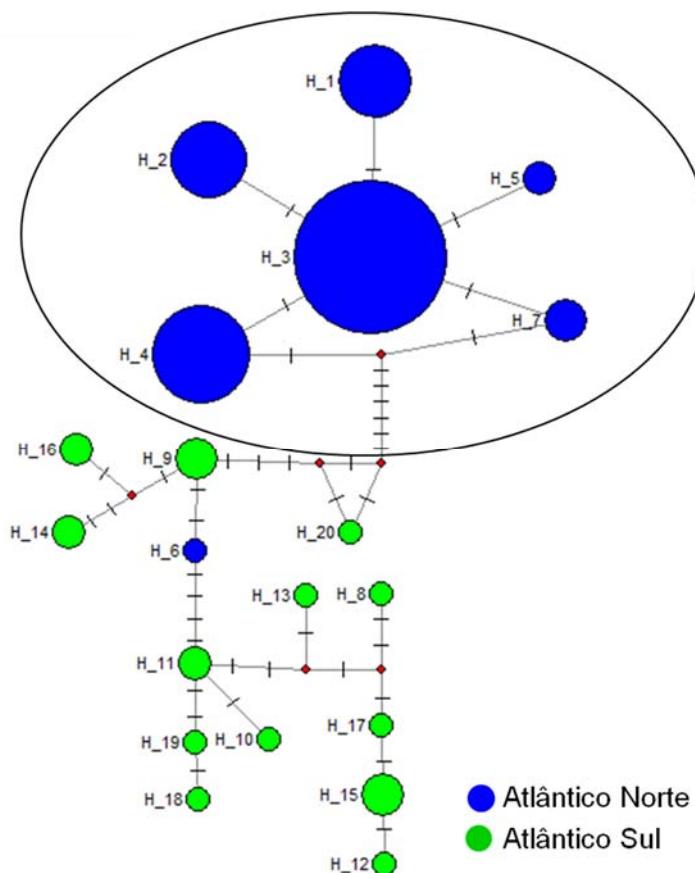
Da mesma forma, a rede de haplótipos apresentou dois grupos de haplótipos separados por um mínimo de oito passos mutacionais, um haplogrupo incluindo os seis haplótipos do Atlântico Norte, e outro haplogrupo com os 13 haplótipos (Hap\_8 a Hap\_20) do Atlântico Sul e o haplótipo Hap\_6 do Atlântico Norte (**Figura V.3-21**). Interessantemente, o haplogrupo do Atlântico Norte apresentou um haplótipo central (Hap\_3) mais frequente ( $n = 43$ ) e todos os outros cinco haplótipos que partiram desse diferiram por um único passo mutacional, característico de uma rede haplotípica em formato de estrela, que é um indício de expansão populacional (**Figura V.3-21**).



**Figura V.3-19:** Árvore filogenética da máxima verossimilhança dos haplótipos de DNAmt de *Balaenoptera borealis* dos oceanos Atlântico Sul e Norte. Haplótipo Hap\_6 do Atlântico Norte destacado no clado do Atlântico Sul.



**Figura V.3-20:** Árvore filogenética consenso de neighbour-joining dos haplótipos de DNAmt de *Balaenoptera borealis* dos oceanos Atlântico Sul e Norte. Haplótipo Hap\_6 do Atlântico Norte destacado no clado do Atlântico Sul.



**Figura V.3-21:** Rede de haplótipos median-joining das sequências (481 pares de base) da região controle do DNAmt de *Balaenoptera borealis* dos oceanos Atlântico Sul e Norte. Os círculos representam os haplótipos encontrados e seus tamanhos são proporcionais à frequência de haplótipos sobre os 104 indivíduos amostrados. Os traços representam os passos mutacionais entre os haplótipos, enquanto os pontos vermelhos representam os haplótipos extintos ou não amostrados. A elipse destaca o haplogrupo do Atlântico Norte em forma de estrela.

Todos os resultados baseados nos dados de DNA mitocondrial indicaram que as baleias-sei dos oceanos Atlântico Norte e Sul são geneticamente distintas. Além da alta e significativa divergência genética entre essas populações, a população de baleias-sei do Atlântico Norte apresentou uma diversidade genética intermediária e a rede haplotípica em formato de estrela, sugerindo uma expansão populacional, como já foi indicado em estudo anterior (HUIJSER et al., 2018).

No entanto, a posição do haplótipo Hap\_6 do Arquipélago dos Açores no clado do Atlântico Sul sugere uma recente migração da linhagem maternal desse oceano para o Atlântico Norte. Embora sejam preliminares, esses resultados são importantes para a compreensão da estrutura genética populacional, das conexões migratórias e isolamento das baleias-sei no Oceano Atlântico.

## V.4 Padrões comportamentais

### V.4.1 Comportamento de mergulho

O mergulho e o uso vertical dos habitats marinhos é uma característica importante da biologia dos cetáceos. Todos os cetáceos utilizam a superfície marinha quando respiram, mas diversas espécies utilizam também estratos mais profundos dos mares. A forma como as espécies utilizam a coluna d'água está fortemente relacionada com a sua ecologia, como a localização de suas presas e a sua capacidade de apneia. Assim, o comportamento de mergulho de cada espécie, ou mesmo população, está fortemente influenciado por uma variedade de fatores, incluindo aspectos do ambiente e dos próprios indivíduos. O tamanho do indivíduo, idade e sexo influenciam a capacidade de mergulho, enquanto escalas de tempo nictemerais, sazonais ou interanuais influenciam na abundância e distribuição de suas presas na coluna d'água, e a combinação destes fatores é que definirá como os indivíduos vão utilizar a coluna d'água (BAIRD et al. 2002, 2005).

#### Transmissores satelitais

A análise focou principalmente nos dados de comportamento de mergulho (planilha *Behavior*, gerada pelo transmissor), que classifica os mergulhos em três categorias considerando parâmetros preestabelecidos para a definição de um mergulho (profundidade e duração mínimas). A definição de três categorias, baseadas no formato das imersões, refletem a forma do perfil de mergulho: *square*, *U* e *V*. As características de cada submersão consideram a proporção de tempo que o animal permanece no fundo, descida/subida mais rápida ou lenta e tempo em cada profundidade.

O comportamento de mergulho de nove espécies forneceu informações sobre quatro misticetos (*Balaenoptera brydei*, *B. borealis*, *B. bonaerensis* e *Megaptera novaeangliae*), quatro delfinídeos (*Tursiops truncatus*, *Orcinus orca*,

*Globicephala macrorhynchus* e *Grampus griseus*) e o cachalote, *Physeter macrocephalus* (**Tabela V.4-1**). Não houve transmissão de informações de mergulho de duas espécies, embora tenham sido transmitidas informações de posição (*Peponocephala electra* e *Steno bredanensis*). Este fato pode estar associado ao curto período de permanência do transmissor nestes indivíduos e ao comportamento das espécies, associado à posição do transmissor no corpo do animal, que pode reduzir a janela de tempo disponível na superfície para o envio de dados. Vale destacar que os dados de posição são sempre priorizados no envio.

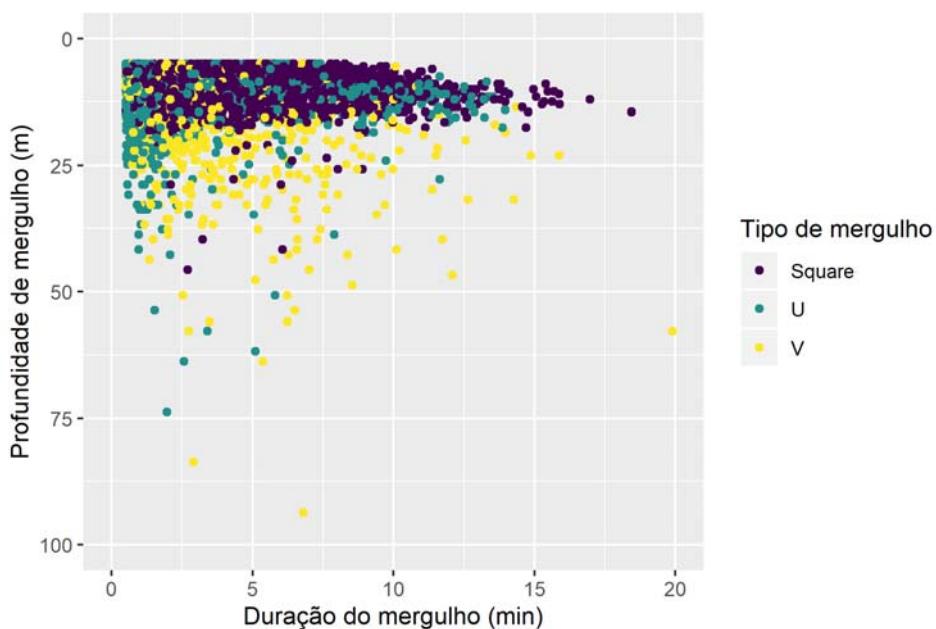
**Tabela V.4-1:** Características dos mergulhos das espécies marcadas com transmissores satelitais ao longo dos quatro anos de PMC-BS.

Espécie	Nº tags	Nº mergulhos	Duração (minutos) (média ± desvio padrão) (máxima)	Profundidade (metros) (média ± desvio padrão) (máxima)
<i>Balaenoptera borealis</i>	7	4.793	4,1 ± 3,2 19,9	10,9 ± 6,2 94,5
<i>Balaenoptera brydei</i>	3	289	3,2 ± 2,7 24,8	16,2 ± 13,5 120,2
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	1	345	5,1 ± 4,4 19,3	15,8 ± 24,1 181,5
<i>Megaptera novaeangliae</i>	7	9.088	2,8 ± 2,6 26,8	28,5 ± 34,3 355,5
<i>Physeter macrocephalus</i>	3	795	18,1 ± 19,6 65,8	234,1 ± 347,1 5 - 1.447,5
<i>Orcinus orca</i>	5	5.876	3,8 ± 2,0 16,4	30,2 ± 42,1 403,5
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	1	450	3,4 ± 3,3 13,7	60,3 ± 96,6 443,5
<i>Grampus griseus</i>	1	95	1,9 ± 1,9 8,6	32,7 ± 48,1 185,5
<i>Tursiops truncatus</i>	9	4.445	0,9 ± 0,9 5,8	52,8 ± 12,6 72,5
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	<b>26.176</b>	-	-

## Família Balaenopteriidae

**Baleia-sei, *Balaenoptera borealis***

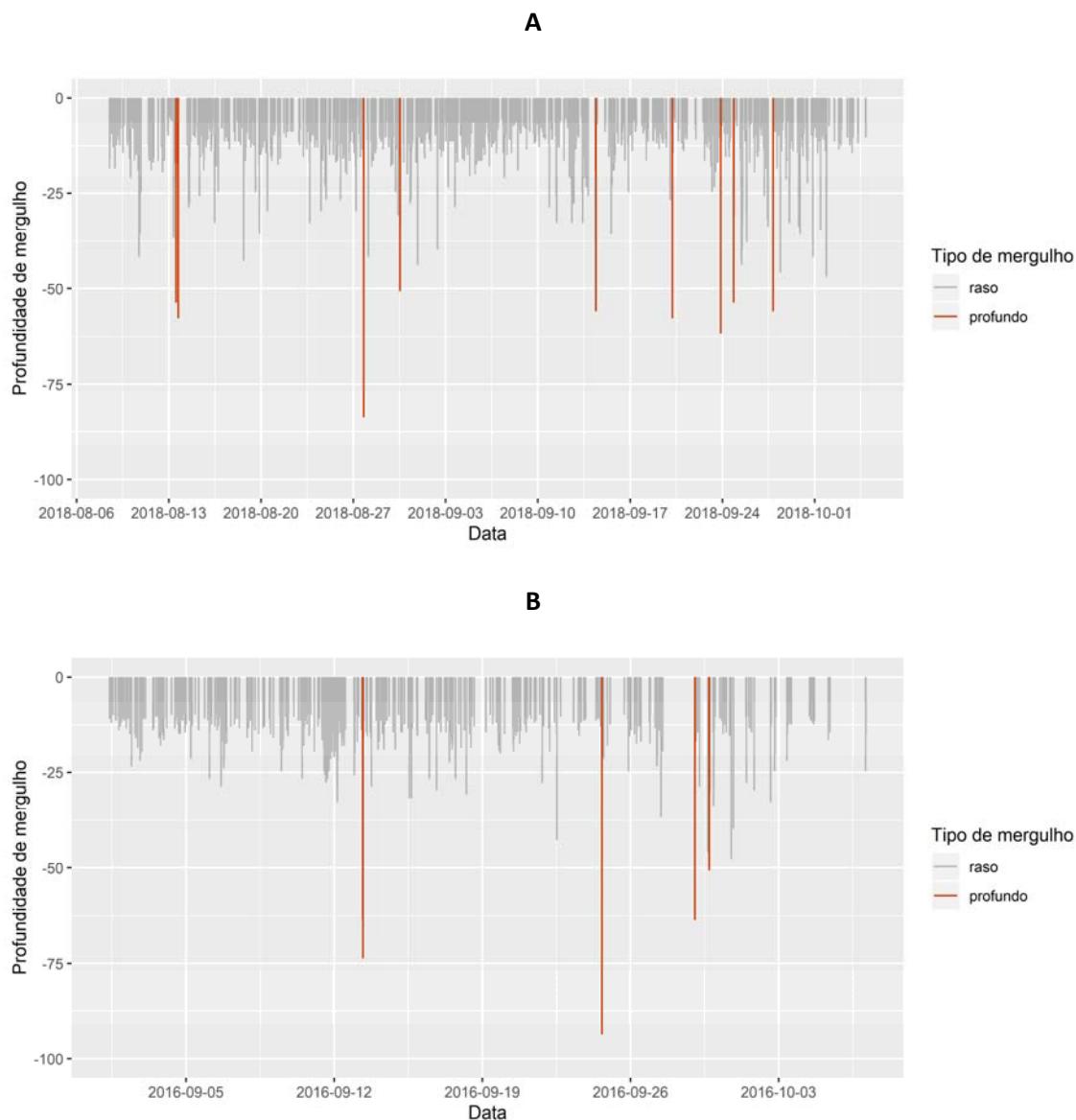
Sete indivíduos de *Balaenoptera borealis* forneceram dados de mergulho que totalizaram 4.793 mergulhos registrados. O registro da grande maioria dos mergulhos ocorreu na região do talude. A profundidade máxima de mergulho foi de 94,5 metros (mergulho em V) e a duração máxima de 19,9 minutos (mergulho em V) (Figura V.4-1). A grande maioria dos mergulhos (99,7%) não passou de 50 metros de profundidade. Os mergulhos do tipo *Square* em geral foram mais rasos, embora mais longos, enquanto os mergulhos em V foram os mais profundos.



**Figura V.4-1:** Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para sete indivíduos de *Balaenoptera borealis* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.

Os mergulhos registrados para as baleias-sei ocorreram entre a região oceânica e a plataforma continental, com maior permanência na região do talude continental. Mesmo assim, raros mergulhos atingiram mais de 50 metros de profundidade, tanto para um indivíduo que realizou um movimento ao sul

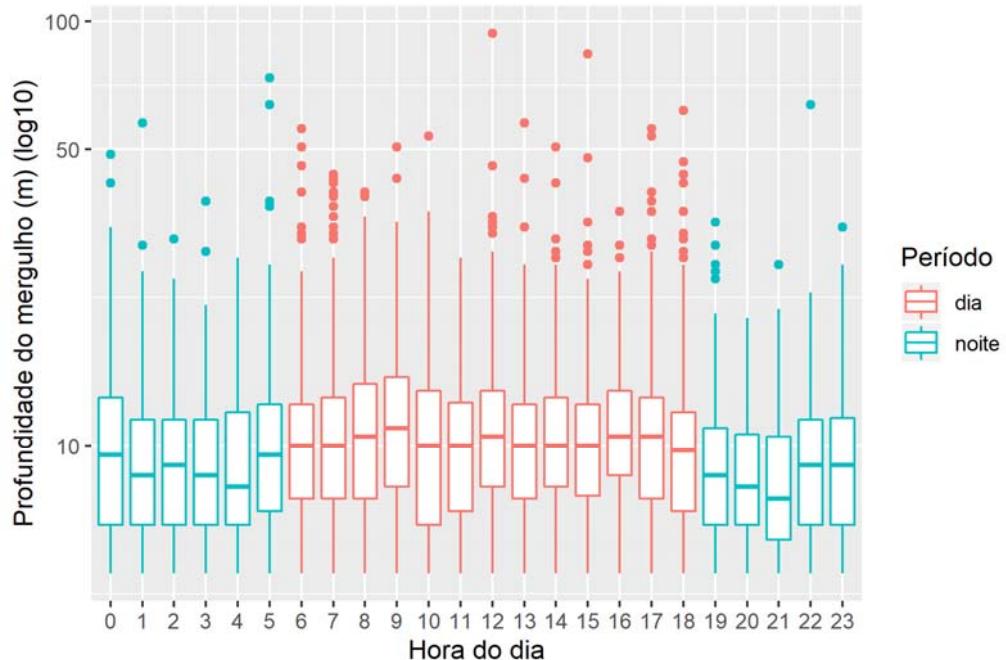
seguindo sobre a plataforma continental (PTT 58005) como para o indivíduo que iniciou deslocamento ao sul seguindo pela região oceânica (PTT 162630) (**Figura V.4-2**).



**Figura V.4-2:** Perfil de mergulho de duas baleias-sei. A = mergulhos do PTT 58005; B = mergulhos do PTT 162630. A cor vermelha indica os mergulhos que ultrapassaram 50 metros de profundidade.

Considerando todos os tipos de imersão, os mergulhos noturnos foram mais rasos do que os diurnos ( $W = 2,012200$ ;  $p < 0,05$ ) (**Figura V.4-3**). Considerando

cada categoria de mergulho separadamente, é possível observar que todas seguem um padrão semelhante.



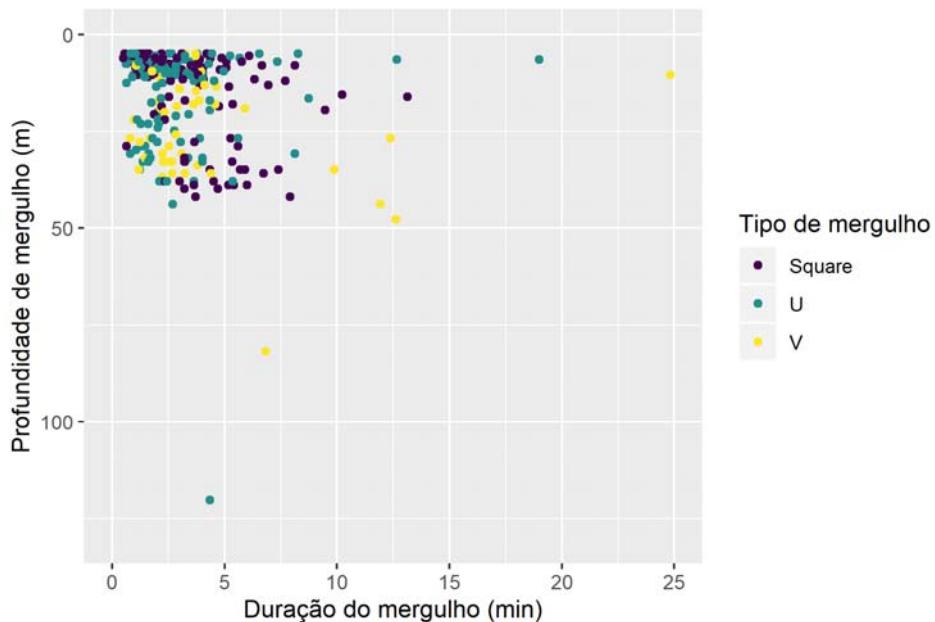
**Figura V.4-3:** Profundidade de mergulho (em metros) ( $\log_{10}$ ) registrada ao longo do dia para sete indivíduos de *Balaenoptera borealis* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.

Não há registros na literatura sobre o comportamento de mergulho da baleia-sei, o que não permite fazer comparações. A espécie é conhecida por se alimentar de copépodes, em regiões de grande produtividade em altas latitudes (OLSEN et al., 2009). Não se espera que a espécie se alimente durante sua migração entre áreas reprodutivas (latitudes menores) e áreas de alimentação (latitudes maiores) ou mesmo nas regiões tropicais e subtropicais de reprodução. De fato, a grande maioria de registros dos mergulhos da espécie são rasos, provavelmente relacionados ao deslocamento próximo da superfície (JEFFERSON et al., 2009). Alguns mergulhos mais profundos observados na região do talude da Bacia de Santos sugerem que a espécie possa se alimentar

ocasionalmente em sua área de reprodução na costa do Brasil. Este padrão é corroborado por dados cinemáticos e de comportamento de mergulho dos DTAGs. Assim, a espécie estaria se aproveitando oportunisticamente de recursos mesopelágicos da região produtiva do talude, mas há necessidade de uma investigação mais aprofundada na medida em que as coletas de novos dados ocorram com o auxílio de tags satelitais e digitais. (DTAGs e Cats).

#### *Baleia-de-Bryde, **Balaenoptera brydei***

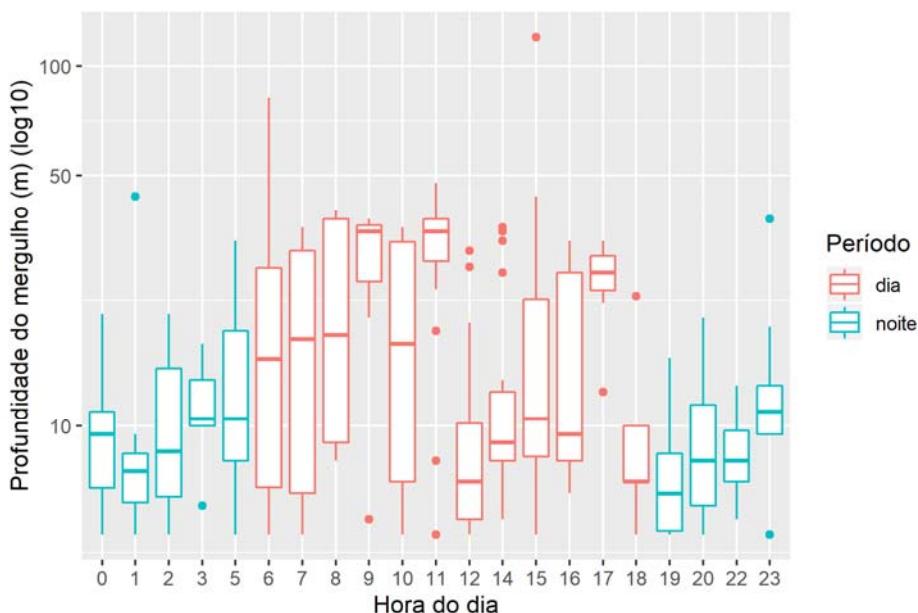
As análises dos mergulhos de três indivíduos de *Balaenoptera brydei* totalizaram 289 mergulhos. O mergulho mais profundo chegou a 120,2 metros (mergulho tipo U) e o mais longo durou 24,8 minutos (mergulho tipo V) (**Figura V.4-4**). A grande maioria dos mergulhos (99,3%) ocorreu a menos de 50 metros de profundidade, com duração menor do que 10 minutos.



**Figura V.4-4:** Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para três indivíduos de *Balaenoptera brydei* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.

A grande maioria dos mergulhos registrados foi para o PTT 166662, que permaneceu sobre a plataforma continental ao longo de todo o período.

Considerando todos os tipos de submersão, os mergulhos diurnos foram mais profundos do que os noturnos ( $W = 6.277$ ;  $p < 0,05$ ) (Figura V.4-5). Considerando cada tipo de mergulho separadamente, é possível observar que todos seguem um padrão semelhante.

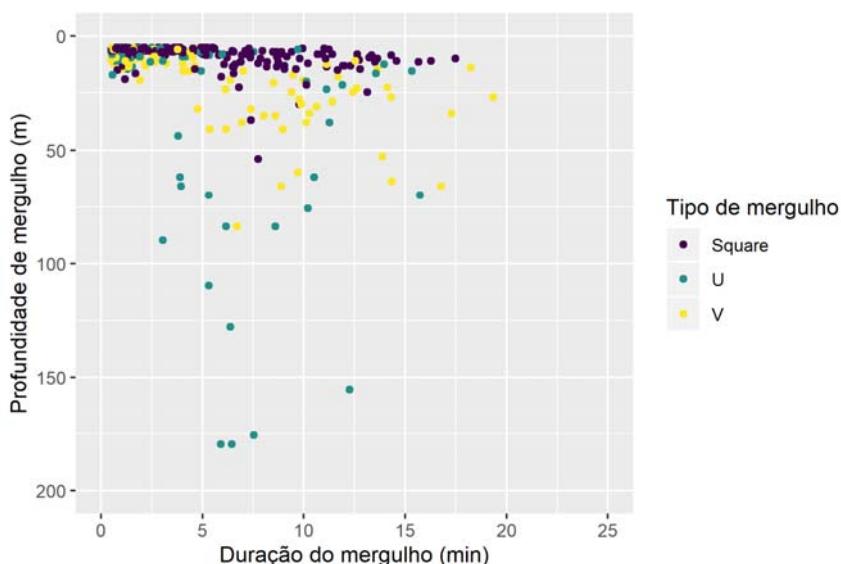


**Figura V.4-5:** Profundidade de mergulho (em metros) ( $\log_{10}$ ) registrada ao longo do dia para três indivíduos de *Balaenoptera brydei* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.

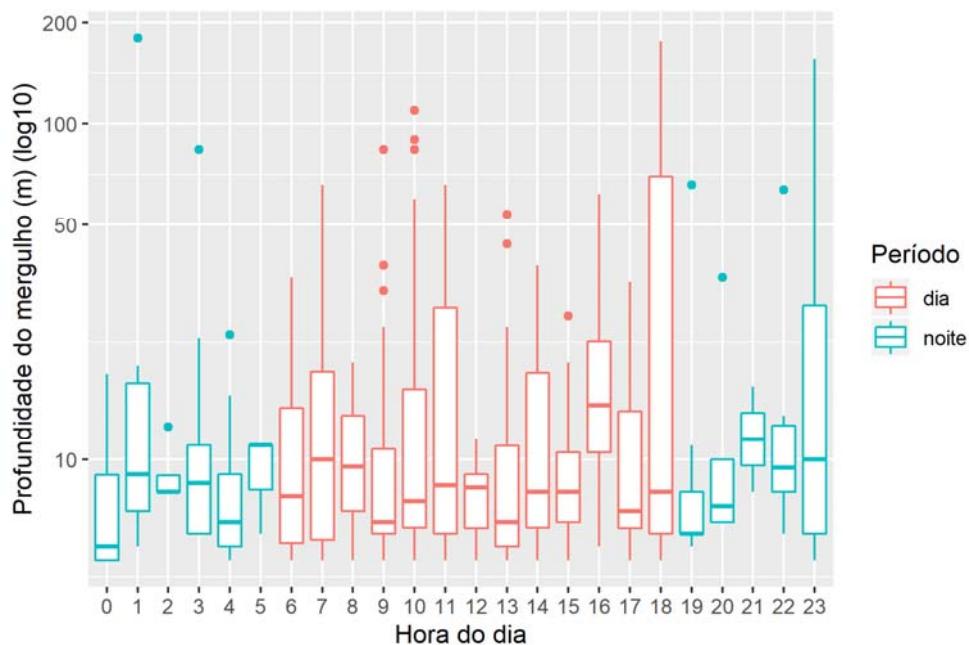
A profundidade máxima de mergulho da baleia-de-Bryde chegou a 271 m no Golfo do México, mas a baleia permaneceu a menos de 15 m durante 70% do tempo. O comportamento de mergulho da espécie já foi documentado em diferentes regiões utilizando tags fixados por copos de sucção. No entanto, esse foi o primeiro registro obtido por meio de telemetria satelital. Soldevilla et al. (2017) registraram um padrão estereotipado levando em consideração os dados de um indivíduo, com mergulhos mais profundos ( $>70$  m) durante o dia e mergulhos rasos ( $<30$  m) à noite, similar ao registrado por Alves et al. (2010) nas Ilhas Madeira, no Atlântico Norte. Os resultados do PMC-BS indicam um mesmo padrão para a espécie no Atlântico Sul Ocidental e podem estar relacionados à migração vertical de suas presas.

**Baleia-minke-Antártica, *Balaenoptera bonaerensis***

A marcação de um macho de *Balaenoptera bonaerensis* gerou dados sobre o comportamento de mergulho (PTT 166666). O movimento do indivíduo indica que ele estava em rota migratória para a região nordeste do Brasil. O registro de 345 mergulhos indicou que a maioria deles foi do tipo *Square* (51,9%), cuja característica predominante foi a manutenção na maior parte das vezes a menos de 25 metros. O mergulho mais profundo chegou a 181,5 metros (tipo U), e o mais longo chegou a 19,3 minutos (tipo V) (Figura V.4-6). Mais de 90% dos mergulhos foram realizados até uma profundidade máxima de 30 m (n = 322), e 88% dos mergulhos tiveram uma duração que variou de 1 a 15 minutos de submersão (n = 494). Em média, o animal permaneceu mais de 70% do tempo a uma profundidade de até 15 metros. Considerando todos os tipos de mergulho, a detecção de uma diferença significativa entre os mergulhos noturnos e diurnos não ocorreu ( $W = 11.910$ ;  $p > 0,05$ ) (Figura V.4-7).



**Figura V.4-6:** Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para um indivíduo de *Balaenoptera bonaerensis* marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS.



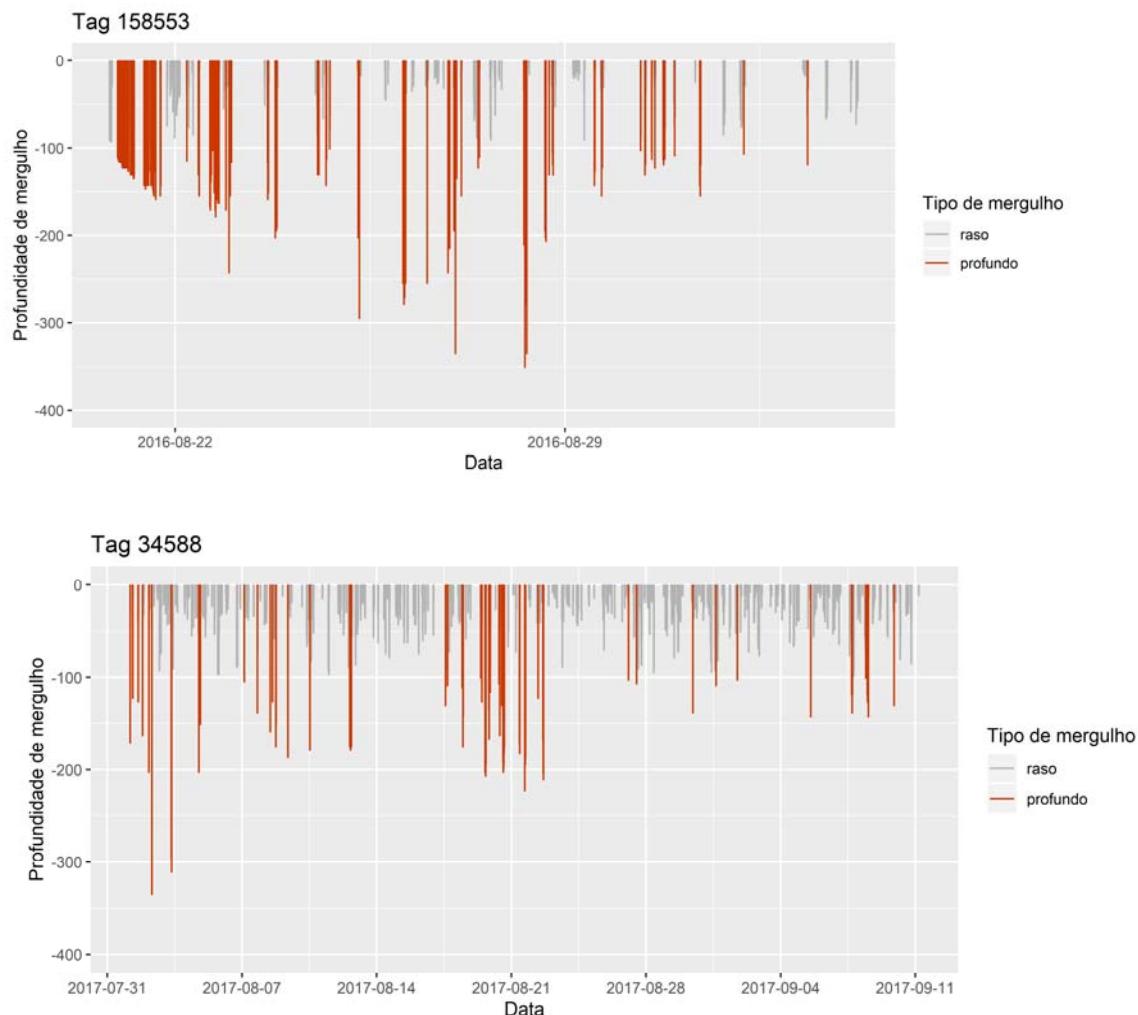
**Figura V.4-7:** Profundidade de mergulho (em metros) ( $\log_{10}$ ) registrada ao longo do dia para um indivíduo de *Balaenoptera bonaerensis* marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.

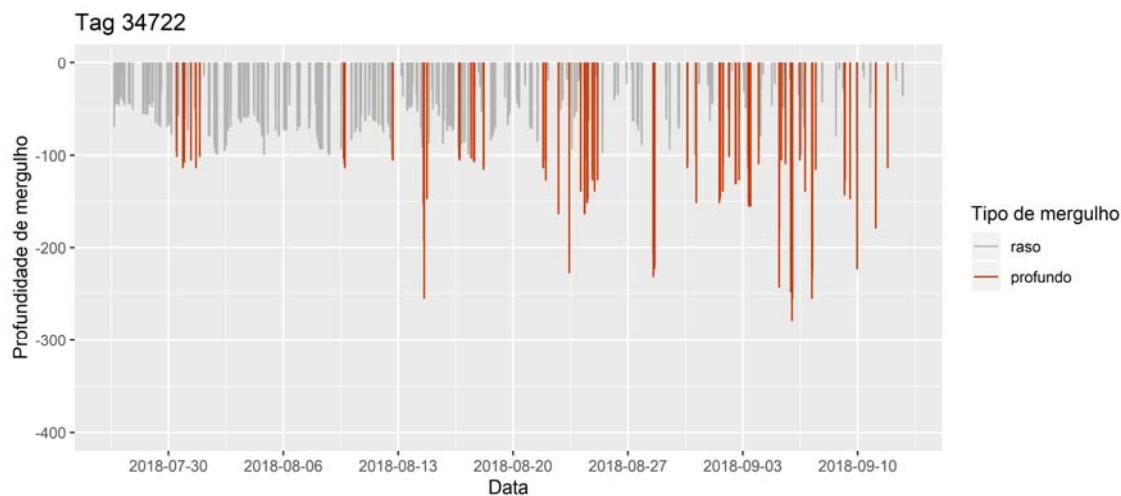
São escassas as informações sobre o comportamento de mergulho desta espécie (GALES et al., 2005). Friedlaender et al. (2014) estudaram na região da Antártica e registraram uma profundidade média de 18,5 metros e duração média de 1,4 minutos para baleias em comportamento alimentar, com o registro de profundidade máxima em 105 metros e duração máxima de 7,2 minutos. De maneira geral, os animais tendem a permanecer mais próximos da superfície nas áreas reprodutivas, o que pode estar associado também à presença de um filhote no grupo em que o macho foi marcado.

#### Baleia-jubarte, *Megaptera novaeangliae*

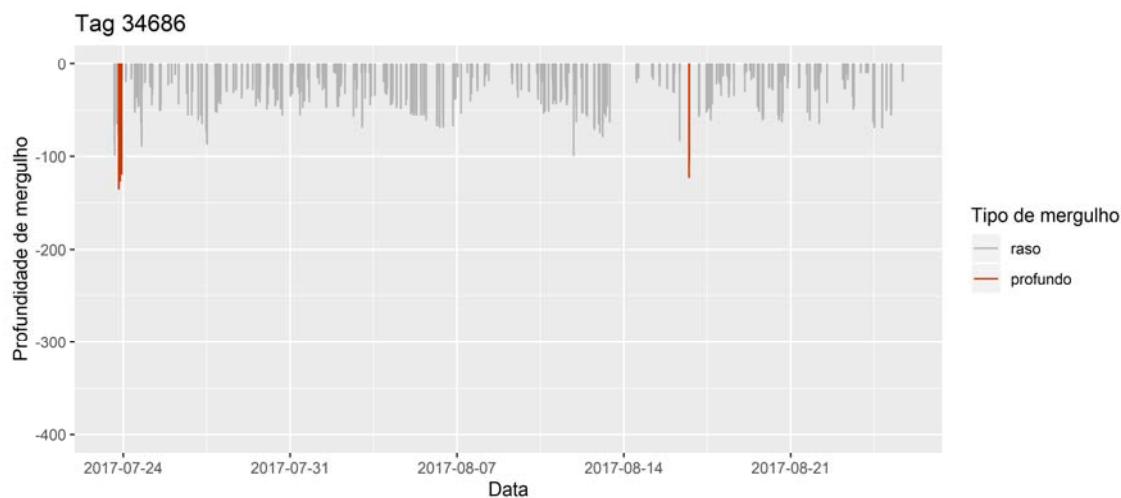
A obtenção dos dados de mergulho de sete indivíduos da espécie somou 9.088 mergulhos analisados. Os indivíduos que migraram para o sul (PTTs 158553, 34588 e 34722) realizaram mergulhos mais profundos em comparação

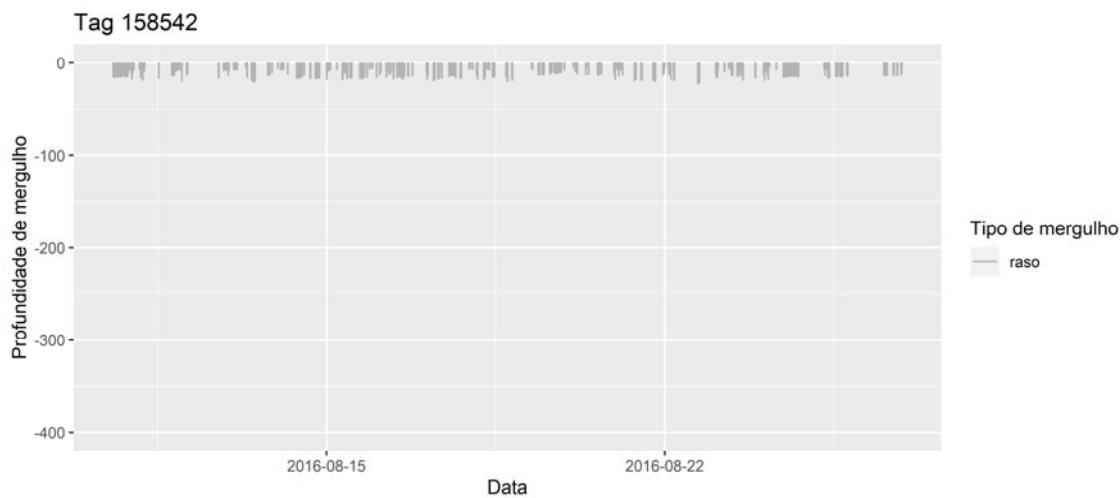
aos indivíduos que permaneceram junto à costa (PTTs 158542 e 34686) (**Figura V.4-8 e Figura V.4-9**).





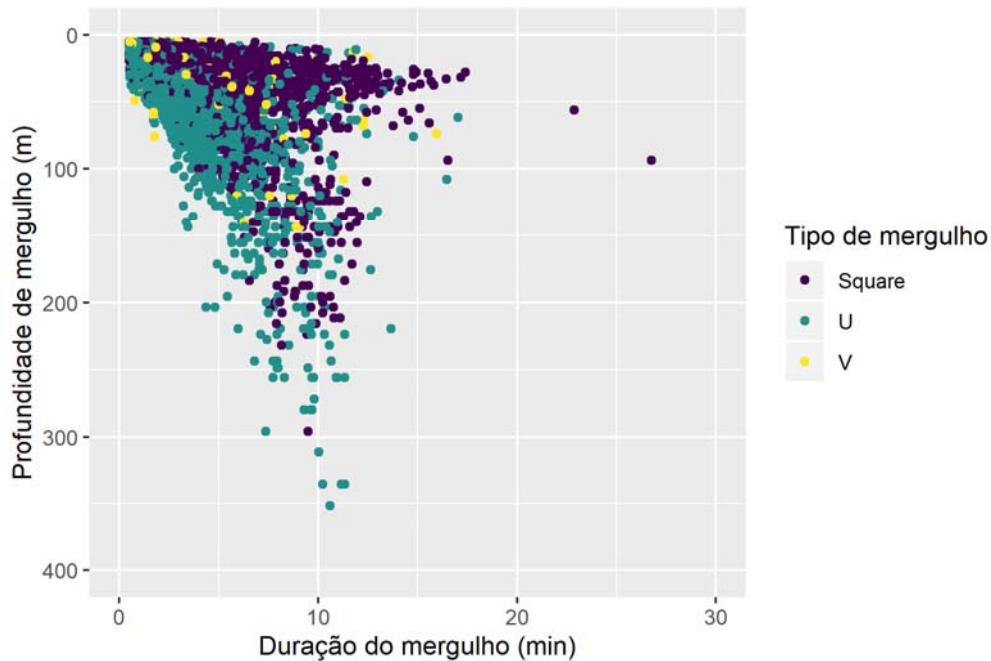
**Figura V.4-8:** Perfil de mergulho de três baleias-jubarte durante movimento migratório em direção a grande latitudes. A cor vermelha indica os mergulhos que ultrapassaram 100 metros de profundidade.





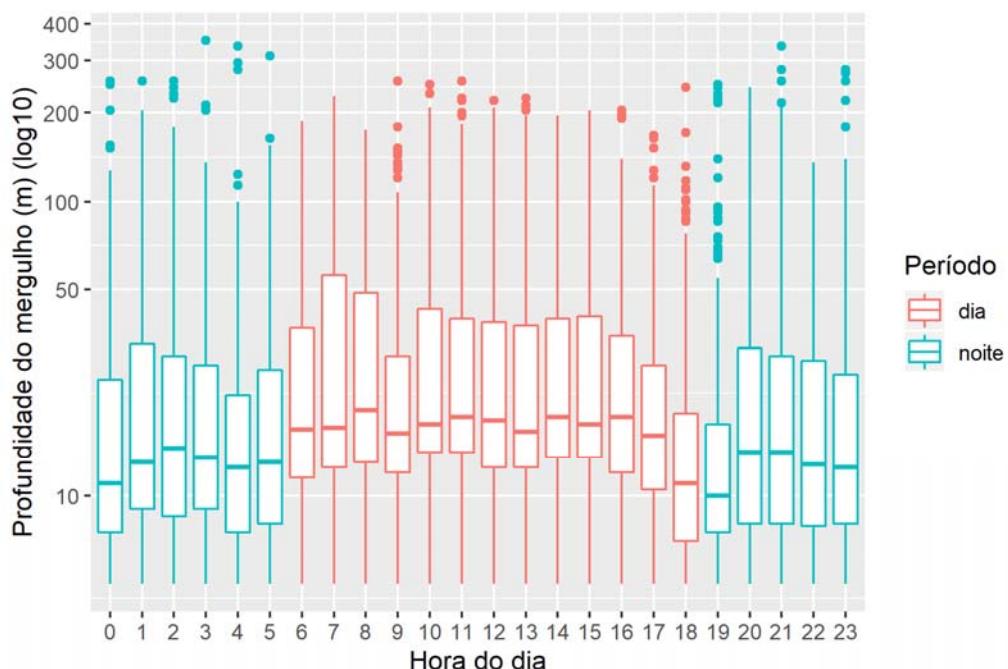
**Figura V.4-9:** Perfil de mergulho de duas baleias-jubarte durante sua permanência junto à costa na Bacia de Santos. A cor vermelha indica os mergulhos que ultrapassaram 100 metros de profundidade.

O mergulho mais profundo da baleia-jubarte chegou a 355,5 metros (tipo U), e o mais longo chegou a 26,8 minutos (tipo Square) (**Figura V.4-10**). A realização de cerca de 95% dos mergulhos ocorreu até uma profundidade máxima de 100 metros e a duração dos mergulhos se concentrou até 15 minutos.



**Figura V.4-10:** Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para sete indivíduos de *Megaptera novaeangliae* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.

Os mergulhos diurnos foram mais profundos do que os noturnos, considerando os diferentes tipos de submersão em conjunto ( $W = 9.534.300$ ;  $p < 0,05$ ). Observando os tipos de mergulho separadamente, pode-se observar que todos apresentam a mesma tendência (**Figura V.4-11**).



**Figura V.4-11:** Profundidade de mergulho (m) ( $\log_{10}$ ) registrada ao longo do dia para sete indivíduos de *Megaptera novaeangliae* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.

Embora a baleia-jubarte seja uma das espécies de misticeto mais bem estudada, são escassas as informações sobre o comportamento de mergulho, principalmente fora das áreas de alimentação. De maneira geral, a espécie é conhecida por realizar mergulhos rasos, permanecendo a maior parte do tempo próximo da superfície (BAIRD et al., 2000). Baird et al. (2000) também

documentaram com regularidade mergulhos profundos em área de reprodução (até 176 m), limitados em geral pela profundidade local.

O comportamento de mergulho durante a migração mostrou um padrão distinto em relação aos animais que permaneceram próximo da costa. Estas variações podem estar relacionadas às diferenças de profundidade entre os ambientes ocupados e ao comportamento dos animais em cada situação (deslocamento de migração versus alimentação). Os dois animais monitorados na costa de Santa Catarina seguiram a tendência indicada por Baird et al. (2000) de usar toda a coluna de água. As observações de campo sugerem que esse animal estava se alimentando no fundo, pois a área tinha entre 10 e 15 metros de profundidade e, em vários momentos, foram observadas manchas de ressuspensão de sedimentos na superfície logo após a imersão das baleias.

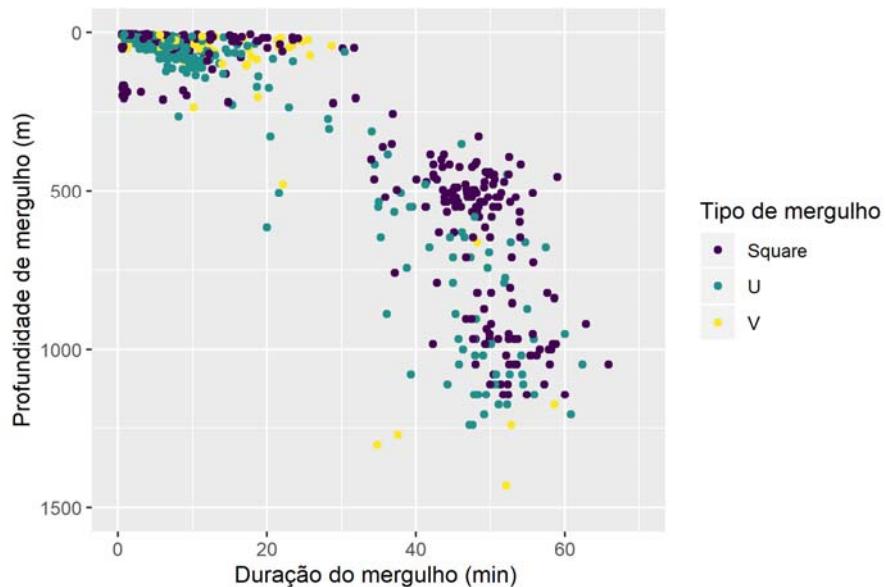
Família Physeteridae

*Cachalote, Physeter macrocephalus*

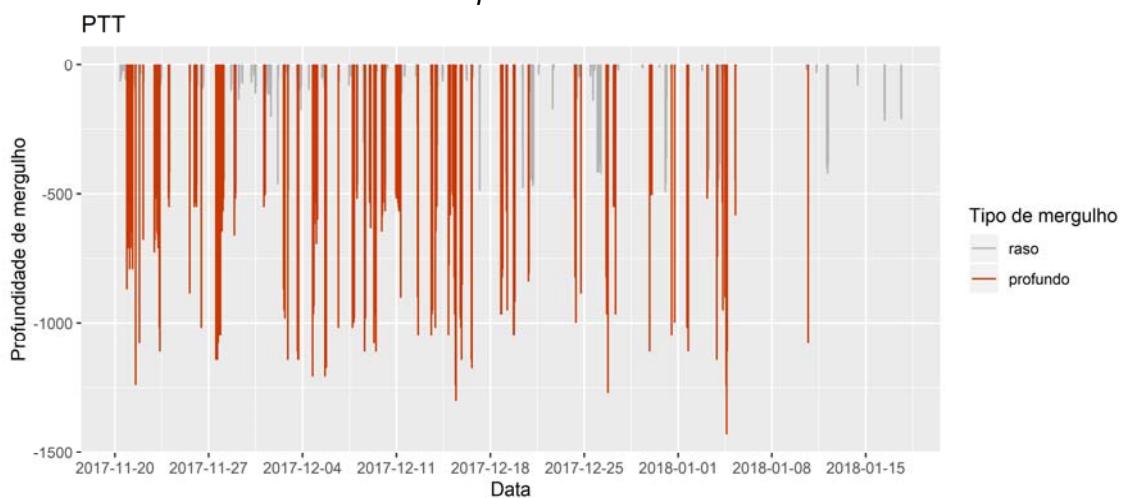
A obtenção de dados de comportamento de mergulho de três *Physeter macrocephalus* totalizaram 795 mergulhos analisados. Como o tempo de amostragem de dois indivíduos foi reduzido, a maior parte dos dados representa o comportamento de mergulho do indivíduo PTT 34732 (n = 780). O mergulho mais profundo atingiu 1.447,5 metros (tipo V) e o mais longo chegou a 65,8 minutos (tipo Square). De maneira geral, os dados indicam dois padrões comportamentais para o indivíduo, com um agrupamento de mergulhos rasos e de curta duração (com predominância do tipo U) (o que sugere descanso) e um segundo agrupamento de mergulhos profundos e longos (com predominância do tipo Square) (o que sugere forrageamento) (**Figura V.4-12**).

A realização de cerca de 29% dos mergulhos alcançou profundidade máxima de 100 m e 29% dos mergulhos foram a mais de 500 metros de profundidade (n = 757) (**Figura V.4-13**). A duração de cerca de 59% dos mergulhos foi de até 10 minutos, mas 26% duraram de 50 a 70 minutos (n = 757). Em média, o PTT 34732 permaneceu aproximadamente 47% do dia a uma

profundidade de até 100 metros e 38% do dia a mais de 500 metros de profundidade.

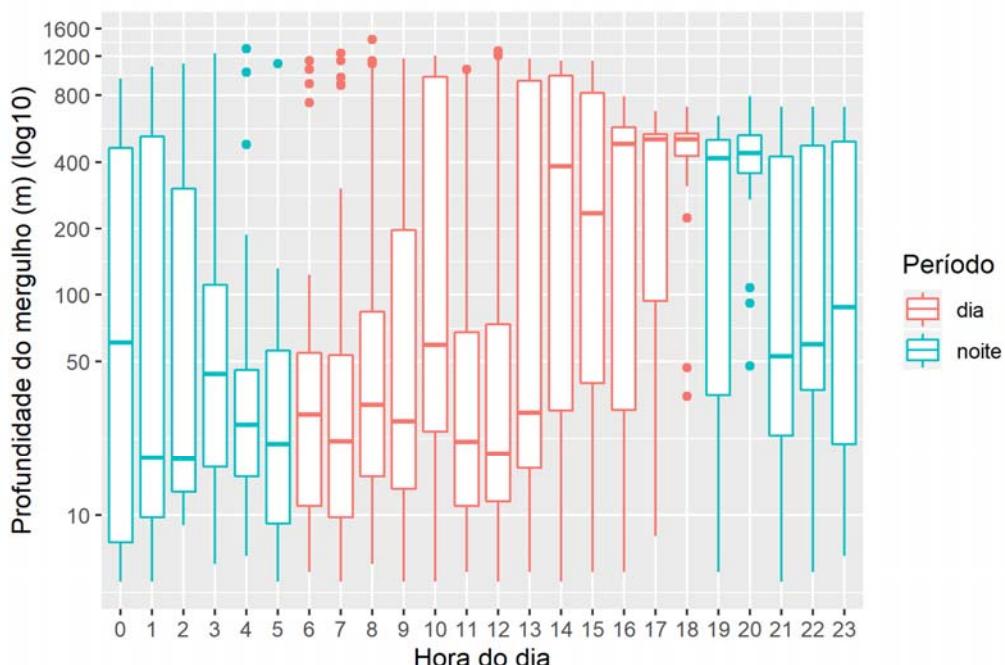


**Figura V.4-12:** Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para três indivíduos de *Physeter macrocephalus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.



**Figura V.4-13:** Perfil de mergulho de um indivíduo de *Physeter macrocephalus* (PTT 34732) marcado por um transmissor satelital na Bacia de Santos. A cor vermelha indica os mergulhos que ultrapassaram 500 metros de profundidade.

Os mergulhos noturnos foram mais profundos do que os diurnos, considerando todos os tipos de mergulho em conjunto ( $W = 89.112$ ;  $p < 0,05$ ). Analisando os diferentes tipos de submersão separadamente, é possível observar uma grande variabilidade na profundidade de mergulhos ao longo do dia, principalmente para os mergulhos tipo *Square* (Figura V.4-14).



**Figura V.4-14:** Profundidade de mergulho (em metros) registrada ao longo do dia para três indivíduos de *Physeter macrocephalus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.

*Physeter macrocephalus* são conhecidos por sua grande capacidade de mergulho, que regularmente pode chegar a 60 min e mais de 1.000 metros de profundidade (AOKI et al., 2007). Mergulhos que chegam a 350 metros de profundidade podem ser considerados rasos para a espécie e estão relacionados a comportamentos de socialização e descanso, enquanto os mergulhos de forrageamento ocorrem em grandes profundidades (MILLER et al., 2004; AOKI et al., 2012). No Golfo da Califórnia, Irvine et al. (2017) registraram uma profundidade média máxima de mergulho em 325 metros (DP = 239), com

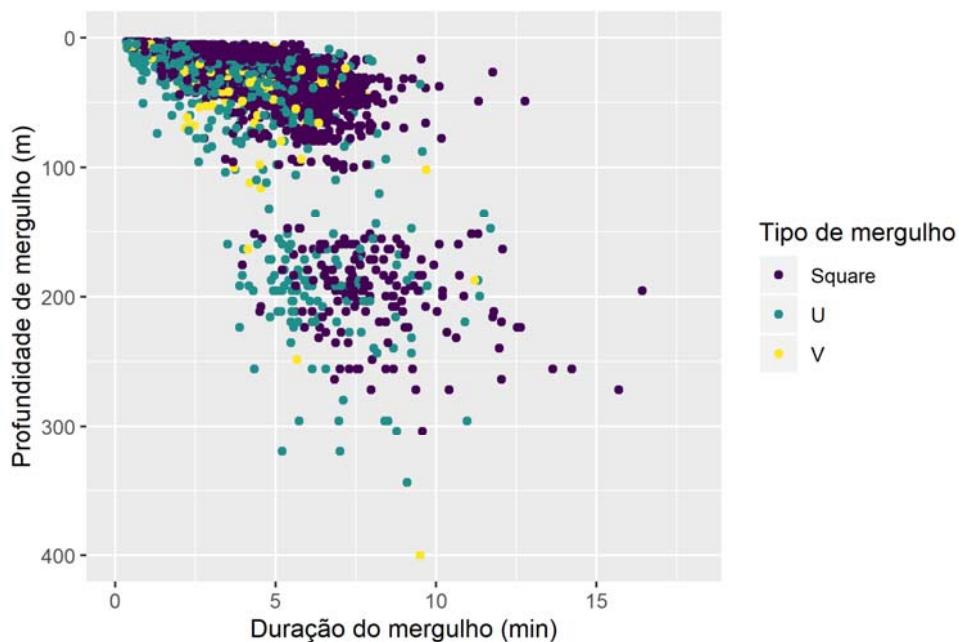
mergulhos ocasionais a 1.500 metros de profundidade. A duração média dos mergulhos foi de 25,4 minutos ( $DP = 14,2$ ). Na Bacia de Santos, a profundidade média foi um pouco menor (234,1 metros), assim como a duração (18,01 minutos), mas 29% dos mergulhos registrados ultrapassaram os 500 metros de profundidade e possivelmente estejam relacionados ao forrageamento. Na região das ilhas Geórgia do Sul, a profundidade máxima de mergulhos de forrageamento do cachalote foi de 1.343 metros, e a duração máxima de 42,1 minutos (TOWERS et al., 2018), excedendo estes valores quando estão predando peixes na pesca de espinhel. A profundidade máxima registrada na Bacia de Santos foi semelhante à de outras regiões (1.447,5 metros), mas a duração máxima foi superior (65,8 minutos).

O ciclo de mergulho é bastante estereotipado para algumas regiões. Os mergulhos típicos tendem a ser de 45 minutos (variando de 14 a 64 minutos), com um tempo de permanência no fundo de 28 minutos, seguido de um intervalo na superfície de cerca de 9 minutos entre sucessivos mergulhos (WATWOOD et al., 2006). No Golfo da Califórnia, México, a espécie permanece 75% do tempo em profundidades de 200 a 400 metros (DAVIS et al., 2007), enquanto a espécie permanece 62% do dia a menos de 500 metros de profundidade na Bacia de Santos.

#### Família Delphinidae

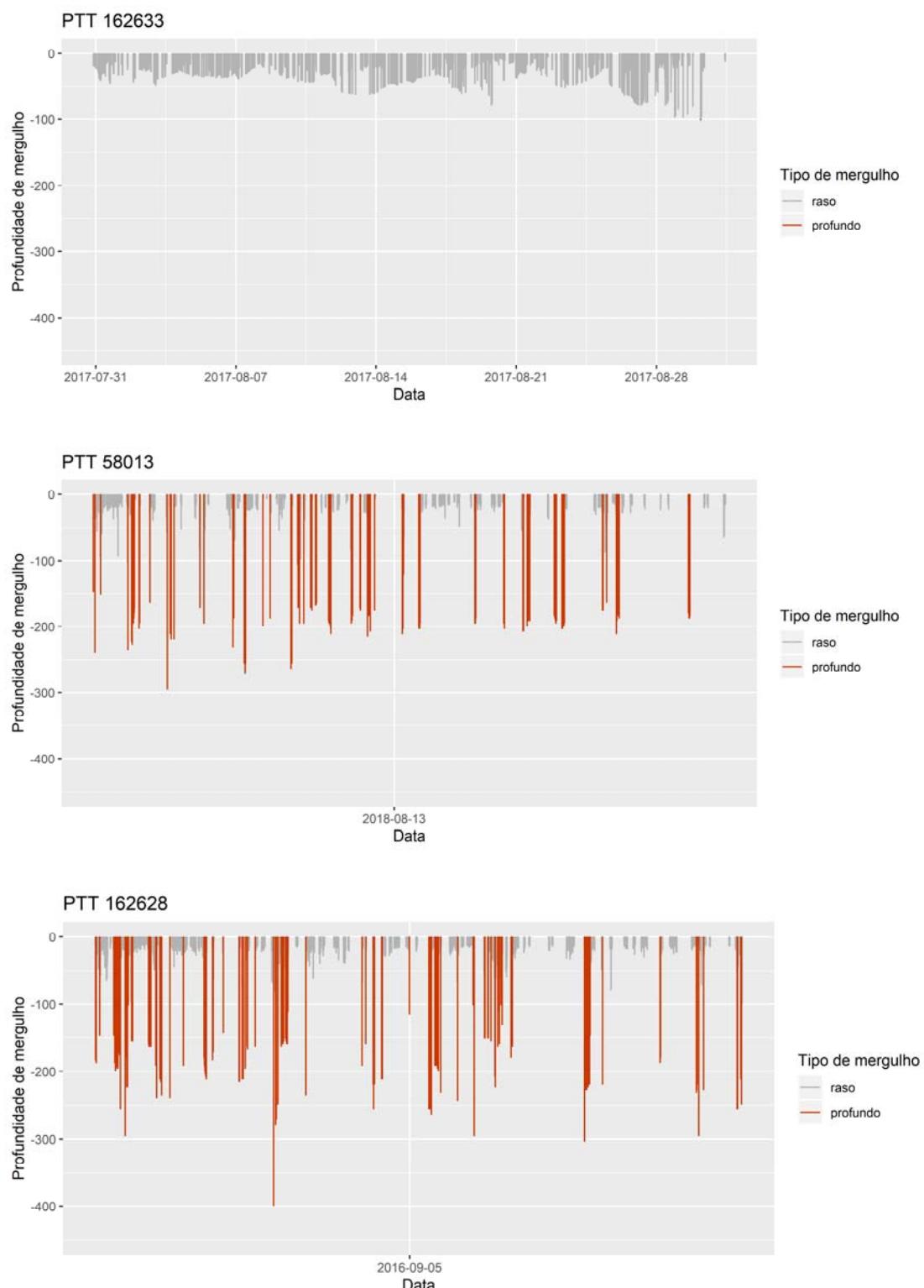
##### Orca, *Orcinus orca*

A obtenção de informações de mergulho para cinco indivíduos de *Orcinus orca* totalizaram 5.876 mergulhos analisados. O mergulho mais profundo chegou a 403,5 metros (tipo V) e o mais longo durou 16,4 minutos (tipo Square). De maneira geral, os mergulhos Square foram os mais frequentes, principalmente no agrupamento de mergulhos observado até o máximo de 100 metros de profundidade e 10 minutos de duração (**Figura V.4-15**). Cerca de 53% dos mergulhos ocorreu a menos de 20 metros de profundidade.



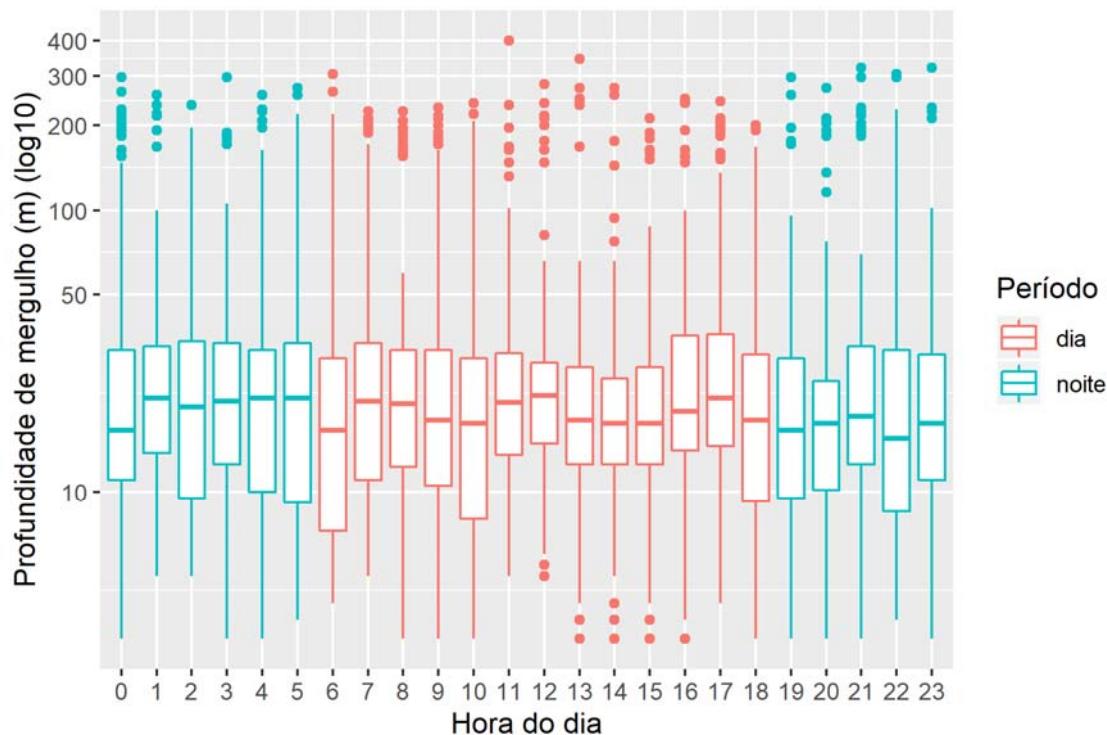
**Figura V.4-15:** Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para cinco indivíduos de *Orcinus orca* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.

Dentre os indivíduos marcados, quatro permaneceram na região do talude e um realizou um longo deslocamento ao sul, seguindo próximo à costa (PTT 162633). Podem se observar diferenças marcantes na profundidade de mergulho entre este indivíduo em comparação com outros que permaneceram na região do talude (PTTs 58013 e 162628), indicando que, próximo à costa, a espécie utilizou a coluna d'água, diferente dos mergulhos na região do talude (**Figura V.4-16**).



**Figura V.4-16:** Perfil de mergulho de três indivíduos de *Orcinus orca* durante o período de monitoramento. A cor vermelha indica os mergulhos que ultrapassaram 100 metros de profundidade.

Não houve diferença na profundidade dos mergulhos noturnos em comparação com os diurnos, considerando todos os tipos de mergulho em conjunto ( $W = 4217200$ ;  $p > 0,05$ ) (Figura V.4-17). Analisando os diferentes tipos de mergulho separadamente, é possível observar uma grande variabilidade na profundidade de submersão ao longo do dia para os mergulhos tipo V.



**Figura V.4-17:** Profundidade de mergulho (em metros) registrada ao longo do dia para cinco indivíduos de *Orcinus orca* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.

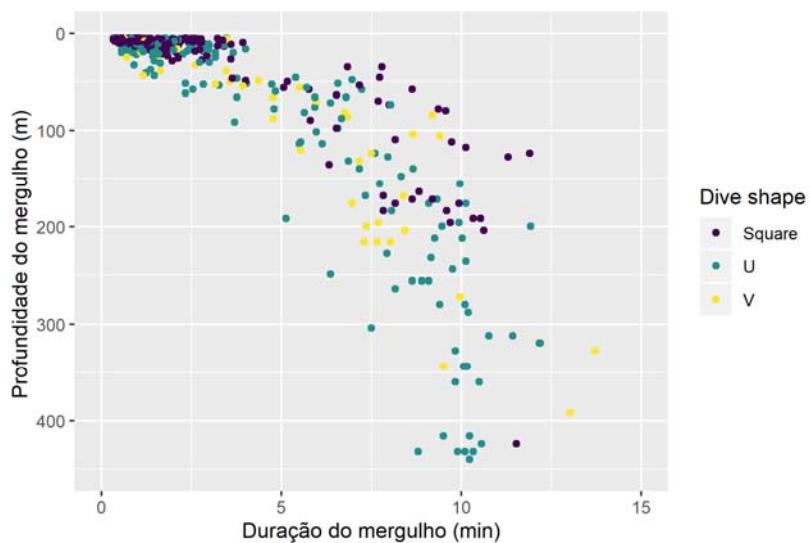
Não há registros do comportamento de mergulho de *Orcinus orca* no Atlântico Sul, com a maior parte das informações restritas ao Hemisfério Norte. Miller et al. (2010), utilizando DTAGs no Alasca, concluíram que à noite ocorre uma redução no número de mergulhos e um aumento na duração dos mergulhos rasos. Os dados obtidos no presente trabalho referem-se a um único indivíduo na região costeira e não houve diferenças na profundidade de mergulho entre o dia e a noite. Utilizando sistemas acústicos, Newman & Springer (2008)

concluíram que os animais aumentam a atividade durante a noite, o que poderia estar associado à maior disponibilidade de suas presas. Wright et al. (2017), também no Atlântico Norte, utilizaram DTAGs e concluíram que os mergulhos de caça ocorreram a mais de 100 metros de profundidade. Esses mergulhos foram classificados, em sua maioria, como mergulhos em formato V. O presente trabalho registrou que apenas 4,9% dos mergulhos ultrapassaram os 100 metros de profundidade e, portanto, podem estar associados à alimentação, embora caiba considerar que o registro da maior parte dos mergulhos analisados foi de um indivíduo que se movimentou ao longo da costa no sentido sul; os mergulhos *square* foram os mais rasos e mais longos. Para o indivíduo que permaneceu na região costeira, os mergulhos *square* foram os mais profundos e mais longos.

Em geral, a espécie realiza mergulhos a menos de 300 metros de profundidade, com duração de até 4 minutos (WRIGHT et al., 2017), mas tem capacidade de permanecer até 16 minutos e atingir profundidade de 767 metros (REISINGER et al., 2015). A identificação de profundidade máxima durante o esforço amostral neste estudo registrou mergulhos de 403,5 metros. Apenas quatro mergulhos ultrapassaram a profundidade de 300 metros. Na região das ilhas Geórgia do Sul, 76% dos mergulhos de forrageamento foram a menos de 100 metros de profundidade e 17% a mais de 200 metros (TOWERS et al., 2018).

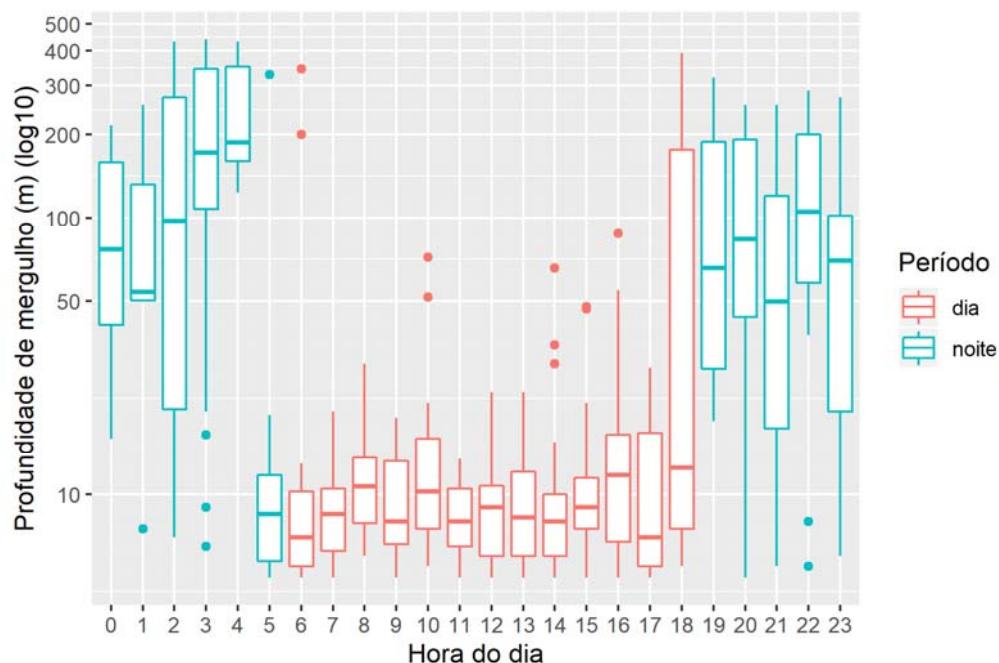
#### *Baleia-piloto-de-peitorais-curtas, **Globicephala macrorhynchus***

A análise de informações de mergulho para um indivíduo de *Globicephala macrorhynchus* totalizou 450 mergulhos. O mergulho mais profundo chegou a 443,5 metros (tipo U) e o mais longo durou 13,7 minutos (tipo V) (**Figura V.4-18**). Cerca de 70% dos mergulhos atingiram profundidade máxima de 200 metros. Considerando que o indivíduo permaneceu durante todo o período na região do talude continental, os resultados indicam que ele ocupou grande parte da coluna d'água no período.



**Figura V.4-18:** Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para um indivíduo de *Globicephala macrorhynchus* marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS.

Os mergulhos noturnos foram mais profundos em comparação aos diurnos, considerando todos os tipos de submersão em conjunto ( $W = 42.226$ ;  $p < 0,05$ ) (Figura V.4-19). Analisando os diferentes tipos de mergulho separadamente, é possível observar que tal padrão é marcante para os mergulhos tipo Square e U, enquanto os mergulhos tipo V apresentaram grande variabilidade na profundidade.



**Figura V.4-19:** Profundidade de mergulho (em metros) ( $\log_{10}$ ) registrada ao longo do dia para um indivíduo de *Globicephala macrorhynchus* marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.

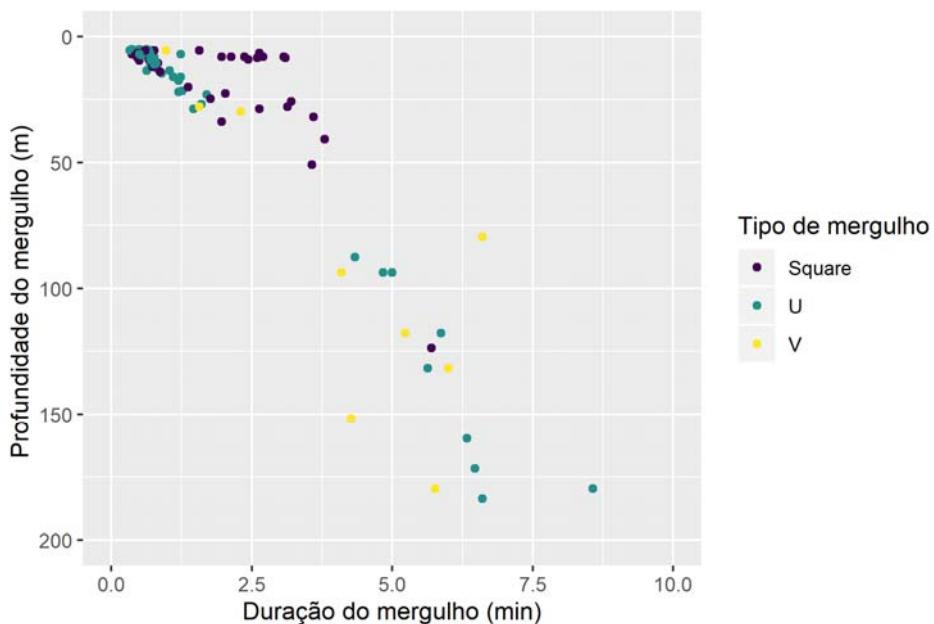
Baleias-piloto-de-peitorais-curtas são conhecidas por sua aptidão para mergulhos de grande profundidade, embora haja poucos estudos que abordem dados específicos sobre o tema, e costumam forragear a mais de 800 metros de profundidade (BAIRD et al., 2002; QUICK et al., 2017). Dois indivíduos juvenis de *Globicephala melas*, marcados e soltos após um período de reabilitação no nordeste do Atlântico, realizaram a maior parte dos mergulhos a uma profundidade menor que 15 metros, com duração de 2 minutos, embora tenham registrado uma profundidade máxima de até 500 metros e 14 minutos de duração (NAWOJCHIK et al., 2003).

No Mar da Ligúria, indivíduos de *G. melas*, marcados com transmissores arquivais, exibiram comportamento de mergulho distinto durante o dia, com os mergulhos mais profundos e longos realizados no entardecer (máximo de 648 metros e 12,7 minutos) (BAIRD et al., 2002). Utilizando o mesmo tipo de equipamento, Alves et al. (2013) constataram que *G. macrorhynchus* permanece

94,1% do tempo a menos de 100 metros de profundidade, em mergulhos com duração inferior a 5 minutos nas imediações da Ilha Madeira, no Atlântico Norte. A profundidade máxima registrada foi de 988 metros e 16,08 minutos de duração (ALVES et al., 2013). Quick et al. (2017) concluíram que o comportamento de subsuperfície de *G. macrorhynchus* é bastante complexo e identificaram quatro tipos de mergulho ou estados de mergulho, sendo que os indivíduos tendem a mergulhar em clusters de mergulhos de padrão semelhante.

#### Golfinho-de-Risso, *Grampus griseus*

A análise das informações de mergulho de um indivíduo de *Grampus griseus* totalizou 95 mergulhos. O mergulho mais profundo chegou a 185,5 metros (tipo U) e o mais longo durou 8,6 minutos (tipo U) (Figura V.4-20). Cerca de 17% dos mergulhos chegou a mais de 50 metros de profundidade, o que indica que o indivíduo não realizou mergulhos profundos no período, considerando que ele permaneceu na região do talude continental. Não foi possível avaliar a variação diária pelo baixo n amostral de mergulhos para a espécie.



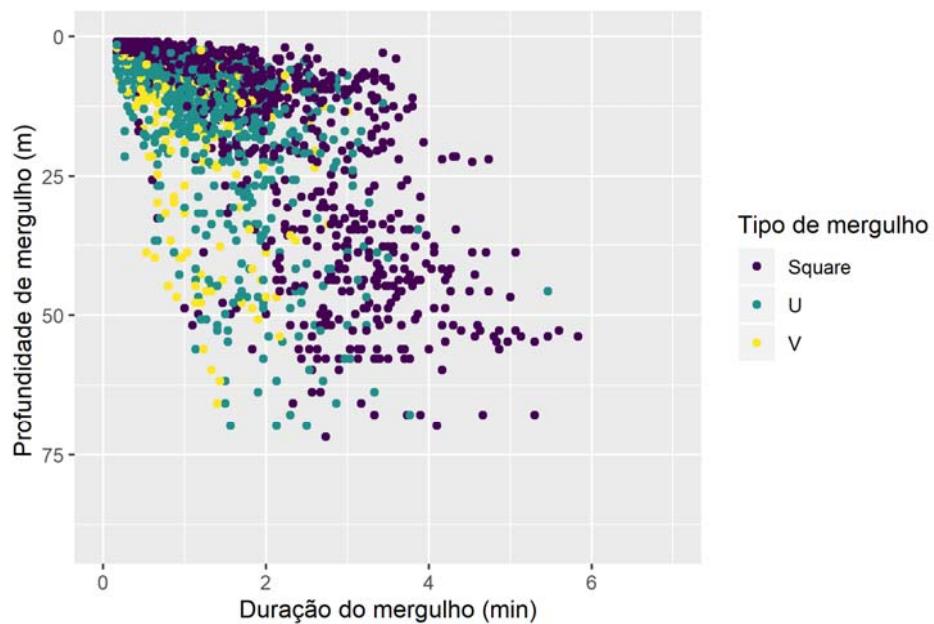
**Figura V.4-20:** Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para um indivíduo de *Grampus griseus* marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS.

O golfinho-de-Risso costuma habitar águas com até 1.500 metros de profundidade e se alimenta principalmente de cefalópodes (JEFFERSON et al., 2015). Algumas de suas presas realizam migração vertical, subindo durante a noite, o que facilita a sua predação pelos cetáceos e pode influenciar no seu padrão de mergulho, ocasionando mergulhos mais profundos à noite para a captura dessas presas. Embora o animal monitorado estivesse na região do talude continental, a profundidade média dos mergulhos foi reduzida (32,7 metros), semelhante ao registrado no sul da Califórnia, onde a profundidade média dos mergulhos da espécie foi menor que 30 metros (FALCONE & SCHORR, 2012).

Contudo, a profundidade (185,5 metros) e a duração máxima (8,6 minutos) registrada pelo PMC-BS foi inferior ao identificado na Califórnia, onde a profundidade máxima foi de 704 metros e a duração de 9,3 minutos, para animais marcados nas proximidades de ilhas oceânicas (FALCONE & SCHORR, 2012). A profundidade média dos mergulhos na Bacia de Santos, no Golfo do Atlântico, indicou que mais de 95% dos mergulhos realizados por um indivíduo reabilitado e monitorado com transmissor satelital não ultrapassou os 50 metros de profundidade, chegando no máximo a 500 metros; os mergulhos mais profundos foram realizados à noite. A duração de cerca de 99% dos mergulhos foi inferior a 6 minutos, com 55% dos mergulhos durando entre 2 e 4 minutos (WELLS et al., 2009).

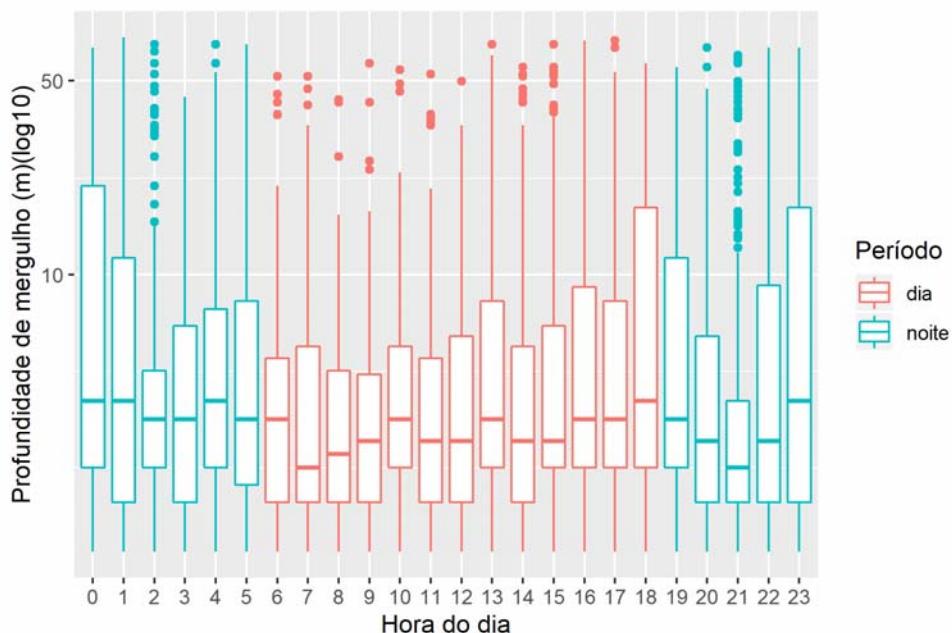
#### **Golfinho-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus***

Para o golfinho-nariz-de-garrafa, foram obtidos dados de comportamento de mergulho para nove indivíduos ( $n = 4.445$  mergulhos) do ecótipo ou subespécie oceânica (*T. t. truncatus*). A profundidade máxima foi de 72,5 metros (tipo Square) e o mergulho mais longo chegou a 5,8 minutos (tipo Square). A grande maioria dos mergulhos (88,9%) não passou de 20 metros de profundidade (**Figura V.4-21**).



**Figura V.4-21:** Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para nove indivíduos de *Tursiops truncatus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.

Observou-se uma diferença na profundidade dos mergulhos noturnos em comparação com os diurnos, considerando todos os tipos de mergulho em conjunto ( $W = 2633400$ ;  $p > 0,05$ ). Analisando os diferentes tipos de mergulho separadamente, é possível constatar uma maior variabilidade na profundidade de mergulho ao longo do dia para os mergulhos tipo V (Figura V.4-22).



**Figura V.4-22:** Profundidade de mergulho (em metros) ( $\log_{10}$ ) registrada ao longo do dia para nove indivíduos de *Tursiops truncatus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.

Os dois ecótipos descritos para *T. truncatus* no litoral brasileiro ocorrem na Bacia de Santos (COSTA et al., 2016). Os dados de genética e de padrão de coloração indicam que todos os animais marcados durante o PMC-BS pertencem ao chamado ecótipo oceânico. Nas Bermudas, a maior parte dos mergulhos mais profundos chegou a 250 m, mas o limite máximo excedeu 500 m de profundidade (KLATSKY et al., 2007). Esta profundidade é muito superior à registrada no presente trabalho, de 72,5 metros, embora caiba considerar que os indivíduos analisados na Bacia de Santos permaneceram todo o período de monitoramento muito próximo da costa, o que explica o grande percentual de mergulhos rasos e de curta duração. Hastie et al. (2006), utilizando transmissores arquivais, registraram mergulhos de até 58,5 m de profundidade, o que coincidiu com o fundo marinho numa região costeira do Atlântico Norte, na Escócia. Analisando a atividade acústica dos animais, conclui-se que a maior parte do comportamento de pesca ocorreu até uma profundidade de 10 m.

#### **V.4.2 Perfil de mergulho e comportamento acústico**

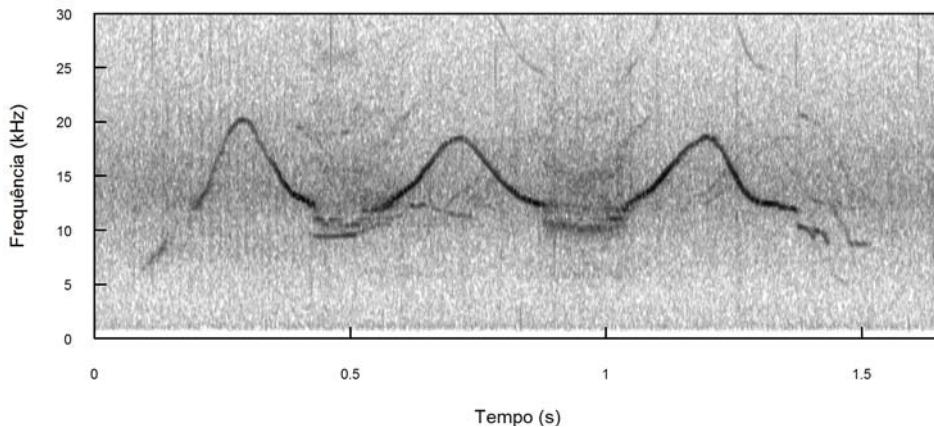
#### **V.4.3 Repertório acústico**

Como parte dos esforços de caracterização do repertório acústico das espécies de cetáceos registrados no PMC-BS, reportam-se neste relatório (a) uma compilação dos resultados das análises dos sons tonais (assovios) e sons pulsados (cliques de ecolocalização) das espécies de odontocetos registradas até o presente, e (b) a classificação dos assovios e cliques entre as espécies/gêneros de odontocetos de acordo com as suas características.

São apresentados dados reportados em anos anteriores, assim como novas análises, incluindo novas espécies e as perspectivas para o futuro. Para os assovios, as análises estatísticas incluíram técnicas multivariada e de mineração dos dados. Para os cliques, são apresentadas as espécies que foram identificadas pelo MAP, na maior parte espécies elusivas que raramente são observadas no esforço visual, mas também análises estatísticas preliminares para algumas espécies.

##### **V.4.3.1 Assovios**

Os assovios (**Figura V.4-23**) são sons tonais produzidos por membros da família Delphinidae, de maior riqueza específica entre os cetáceos. São amplamente utilizados para comunicação, desenvolvendo funções como coesão social entre membros do grupo, identificação de parentesco, reconhecimento individual, dentre outras. (STEINER, 1981; SMOLKER et al., 1993; TYACK & CLARK, 2000; JANIK & SAYIGH, 2013).



**Figura V.4-23:** Exemplo de um assovio do golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) registrado no PMC-BS. Os assovios são sons tonais e geralmente modulados, como nos assovios deste exemplo, que apresenta uma série de pontos de inflexão entre modulação ascendente e descendente.

#### Seleção dos assovios para análise do ROCCA

Após o procedimento analítico da triagem dos assovios validados das campanhas, os dados acústicos para as análises foram abertos no programa RAVEN 1.5 (Universidade de Cornell) em que cada assovio, com boa qualidade do sinal em relação ao ruído de fundo (taxa sinal/ruído), foi separado individualmente para ser analisado na extensão ROCCA (*Real-time Odontocete Call Classification Algorithm*) do programa PAMGUARD, especialmente desenvolvida para a análise de classificação de assovios de delfinídeos (OSWALD et al., 2003).

O número de assovios por detecção acústica foi limitado a um máximo de 50 assovios por grupo, para evitar o viés de muitas amostras de um único grupo. Para selecionar aleatoriamente as amostras de assovios que foram analisadas no ROCCA, seguiram-se as seguintes regras:

- 1) Detecções com até 30 assovios de qualidade foram todas processadas e incluídas na amostra.
- 2) Detecções entre 31 e 100 assovios de qualidade foram processadas na ordem de 75% dos assovios, segundo seleção randômica ou até o máximo de 50.

3) acima de 100: foram processados 50 assovios de acordo com seleção randômica.

A análise usando o programa PAMGUARD possibilita a extração de 50 parâmetros que compõem o sinal acústico de interesse (descritos na **Tabela V.4-2**). Em seguida, houve a seleção de um tipo de classificador, neste trabalho foi o “*Northwest Atlantic Ocean Classifiers*”, o qual possui dados preexistentes de assovios gravados no Oceano Atlântico Norte e acumula os novos dados analisados. Para extração dos parâmetros acústicos, o assvio selecionado foi enquadrado por cursor.

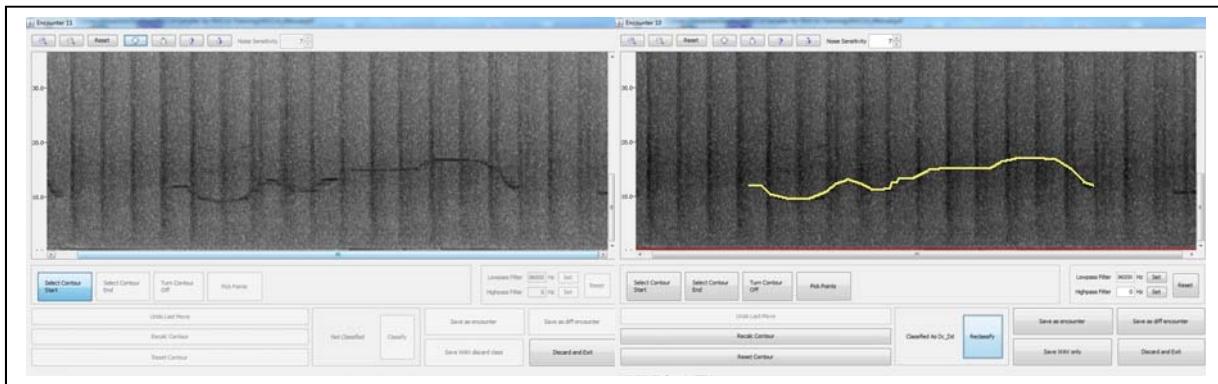
Após abrir a janela selecionada no ROCCA, o contorno do sinal foi extraído em seleção manual de múltiplos pontos sobre o assvio (**Figura V.4-24**), utilizando o comando “*Classify*”. A partir do contorno, o ROCCA incorpora os parâmetros extraídos dos assovios e classifica em nível de espécie com base no classificador utilizado. Pelo fato de ter sido utilizado um classificador do Atlântico Norte os resultados da classificação não foram considerados. Os valores dos parâmetros extraídos das amostras de assovios de cada espécie foram inseridos numa planilha para posterior realização das análises estatísticas.

**Tabela V.4-2:** Descrição das 50 variáveis acústicas medidas para os assovios de delfinídeos na Bacia de Santos segundo o algoritmo ROCCA (Real-time Odontocete Call Classification Algorithm), pacote integrante do programa PAMGUARD.

Abreviação	Descrição da variável
FREQBEGSWEEP	Inclinação do alcance inicial (1 = positiva, -1 = negativa, 0 = zero)
FREQBEGUP	Variável binária: 1= Variável binária: 1 = inclinação inicial é positiva, 0 = inclinação inicial é negativa
FREQBEGDWN	Variável binária: 1= Variável binária: 1 = inclinação inicial é negativa, 0 = inclinação inicial é positiva
FREQENDSWEEP	Inclinação do alcance final (1 = positiva, -1 = negativa, 0 = zero)
FREQENDUP	Variável binária: 1= Variável binária: 1 = inclinação final é positiva, 0 = inclinação final é negativa
FREQENDDWN	Variável binária: 1= Variável binária: 1 = inclinação final é negativa, 0 = inclinação final é positiva

Abreviação	Descrição da variável
FREQBEG	Frequência inicial (Hz)
FREQEND	Frequência final (Hz)
FREQMIN	Frequência mínima (Hz)
DURATION	Duração (seg)
FREQRANGE	Frequência máxima – Frequência mínima (Hz)
FREQMAX	Frequência máxima (Hz)
FREQMEAN	Frequência média (Hz)
FREQMEDIAN	Frequência mediana (Hz)
FREQSTDDEV	Desvio padrão da frequência (Hz)
FREQSPREAD	Diferença entre os percentis de frequência em 75% e 25%
FREQQUARTER1	Frequência em ¼ da duração (Hz)
FREQQUARTER2	Frequência na metade da duração (Hz)
FREQQUARTER3	Frequência em ¾ da duração (Hz)
FREQCENTER	(Frequência mínima + (frequência máxima - frequência mínima)) / 2
FREQRELBW	Largura de banda relativa: (frequência máxima – frequência mínima) / frequência central
FREQMAXMINRATIO	Frequência máxima / frequência mínima
FREQBEGENDRATIO	Frequência inicial / frequência final
FREQCOFM	Coeficiente da modulação de frequência: faça 20 medições de frequência igualmente espaçadas no tempo e subtraia cada valor de frequência do anterior. COMF é a soma dos valores absolutos dessas diferenças, todas divididas por 10.000
FREQNUMSTEPS	Número de degraus (10% ou mais do aumento ou diminuição da frequência em dois pontos de contorno)
NUMINFLECTIONS	Número de pontos de inflexão (mudança na inclinação de positivo para negativo ou negativo para positivo)
INFMAXDELTA	Tempo máximo entre dois pontos de inflexão
INFLMINDELTA	Tempo mínimo entre dois pontos de inflexão
INFLMAXMINDELTA	Delta máximo / Delta mínimo
INFLMEANDELTA	Tempo médio entre pontos de inflexão
INFLSTDDEVDELTA	Desvio padrão do tempo entre pontos de inflexão
INFLMEDIANDELTA	Mediana do tempo entre pontos de inflexão
FREQSLOPEMEAN	Média total da inclinação

Abreviação	Descrição da variável
FREQPOSSLOPEMEAN	Média da inclinação positiva
FREQNEGSLOPEMEAN	Média da inclinação negativa
FREQABSSLOPEMEAN	Média absoluta da inclinação
FREQSLOPERATIO	Inclinação positiva/média da inclinação negativa
FREQSWEEPUPPERCENT	Percentual dos assórios que possui inclinação positiva
FREQSWEEPDWNPERCENT	Percentual dos assórios que possui inclinação negativa
FREQSWEEPFLATPERCENT	Percentual dos assórios que possui inclinação zero
NUMSWEEPUPDWN	Número de pontos de inflexão que vai de inclinação positiva para inclinação negativa
NUMSWEEPDWNUP	Número de pontos de inflexão que vai de inclinação negativa para inclinação positiva
NUMSWEEPUPFLAT	Número de vezes que a inclinação muda de positiva para zero
NUMSWEEPDWNFLAT	Número de vezes que a inclinação muda de negativa para zero
NUMSWEEPFLATDWN	Número de vezes que a inclinação muda de zero para negativa
NUMSWEEPFLATUP	Número de vezes que a inclinação muda de zero para positiva
FREQSTEPUP	Número de degraus que possui frequência crescente
FREQSTEPDWN	Número de degraus que possui frequência decrescente
STEPDUR	Número de degraus/duração
INFLDUR	Número de pontos de inflexão/duração



**Figura V.4-24:** Exemplo de um assvio do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) processado para extração dos parâmetros acústicos segundo o algoritmo ROCCA do programa PAMGUARD. Os parâmetros são extraídos de acordo com o contorno do assvio (gráfico da direita).

#### Análise estatística dos dados

Para investigar de forma exploratória a importância dos 50 descritores do ROCCA em retratar a diferença dos assovios entre as espécies, utilizou-se uma Análise de Componentes Principais (PCA) considerando todas as espécies com amostra. Esta é uma técnica multivariada de ordenação que reduz a multidimensionalidade dos dados por meio de um conjunto de eixos (autovetores), que são calculados segundo uma matriz de correlação (BORCARD et al., 2011). Dada a diferença de escalas entre algumas variáveis, os dados foram estandardizados antes de rodar a análise. Todos os procedimentos estatísticos e gráficos foram realizados usando o programa R (R CORE TEAM, 2018).

Além da análise multivariada exploratória (PCA), a colinearidade (correlação entre variáveis) foi avaliada por meio do índice de correlação de Pearson. Este índice varia de -1 (correlação negativa total entre as duas variáveis) a +1 (correlação positiva total), sendo igual a 0 quando não existe nenhuma correlação. Variáveis com índices maiores que 0,7 ou menores que -0,7 foram consideradas altamente correlacionadas e somente uma delas foi destacada para as análises multivariadas de classificação descritas abaixo, que consideram a premissa de independência entre variáveis.

A classificação dos assóvios em espécies baseou-se em duas abordagens estatísticas: (1) Análise Discriminante (DFA); e (2) Árvores de Classificação e Regressão (CART). A primeira ajusta um eixo na direção de maior variabilidade entre grupos, de forma similar à PCA. Estes modelos acham combinações lineares de descritores que maximizam a diferença entre os grupos (VALENTIN, 2000). Uma das premissas da DFA é a ausência de colinearidade (correlação entre variáveis descritoras) nos modelos. Por isso, não foram incluídas variáveis correlacionadas em um mesmo modelo.

Outro modelo utilizado para classificação dos assóvios foi o das Árvores de Classificação e Regressão (CART). Este modelo separa os dados segundo bifurcações binárias (nó) com determinados valores das variáveis explanatórias. A vantagem desta técnica é que a mesma não é paramétrica, admitindo relações não lineares. Essa técnica foi usada dentro do pacote do programa R chamado 'rpart' (THERNEAU & ATKINSON, 2018). Uma abordagem de simulação (por reamostragem com reposição ou *bootstrap*) de árvores de classificação com posterior combinação dos resultados dessas árvores simuladas também foi utilizada, técnica denominada de Florestas Aleatórias (*Random Forests*) (JAMES et al., 2013).

A base de avaliação de todos os modelos foi uma matriz de confusão, que mostra as classificações de espécie preditas pelo modelo nas linhas e a identificação taxonômica dos assóvios (colunas). A taxa de acerto total de cada modelo foi usada como medida de sucesso do modelo em prever corretamente a classificação da espécie.

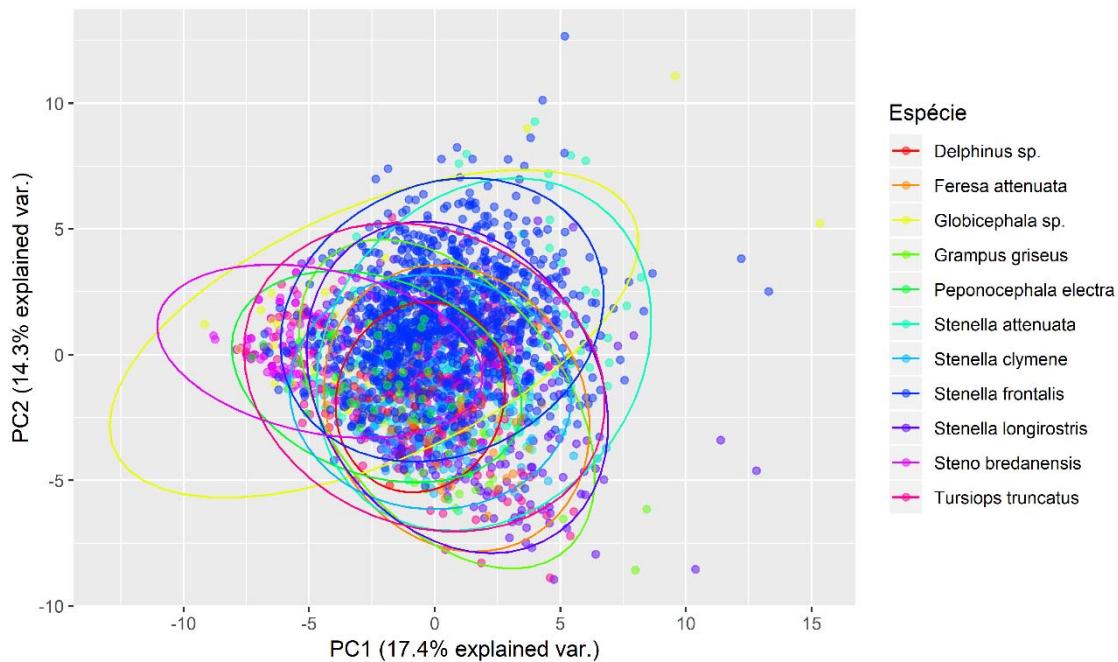
### *Descrição dos assóvios de delfinídeos*

O banco de dados para a descrição e classificação de assóvios de delfinídeos foi composto de 2.376 assóvios de 11 espécies/gêneros de delfinídeos (**Tabela V.4-3**). A espécie mais abundante foi o golfinho-pintado-do-Atlântico, *Stenella frontalis* (60 encontros; 55% do total), seguida pelo golfinho-rotador, *S. longirostris* e golfinho-nariz-de-garrafa (ecótipo oceânico), *T. truncatus truncatus* (10 encontros e 9% do total para cada espécie). Estas espécies ofereceram o maior número de amostras de assóvios, juntamente com o golfinho-de-Clymene, *S. clymene*. (7 encontros; 6% do total).

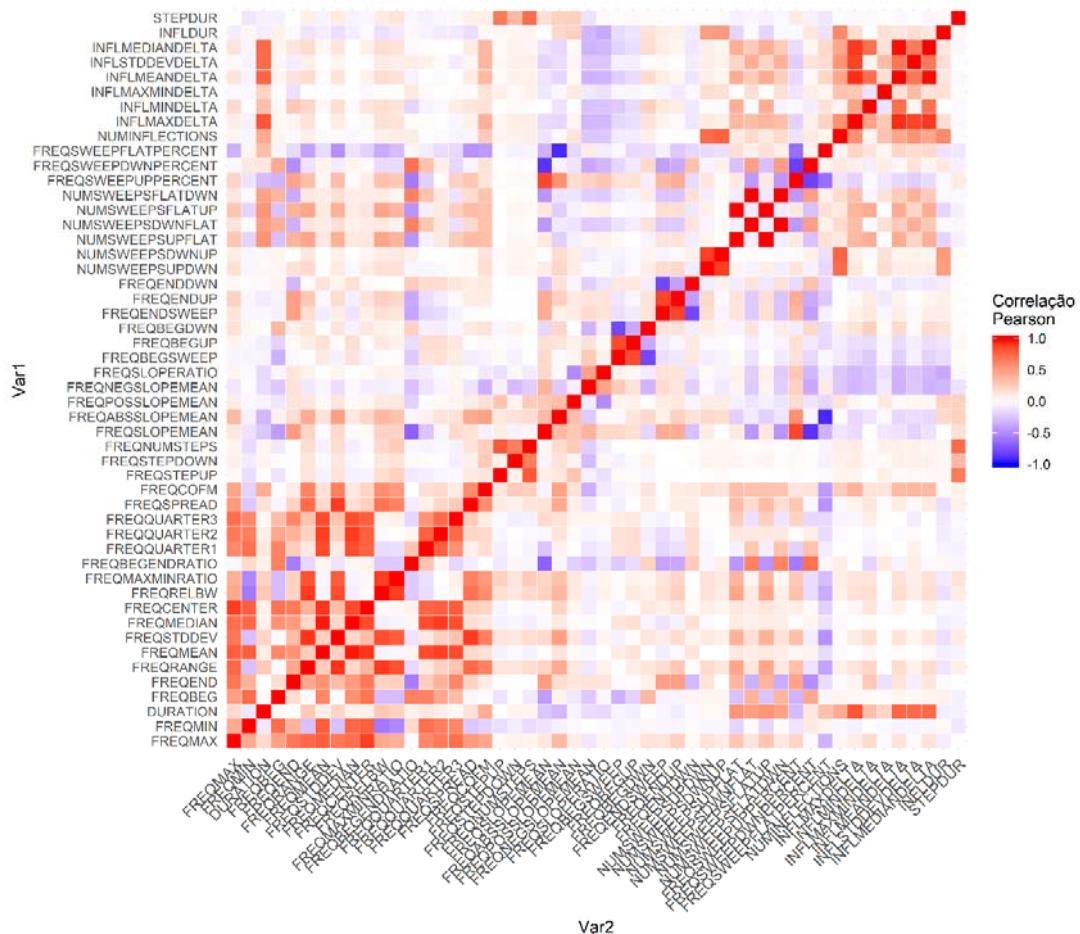
**Tabela V.4-3:** Espécies/gêneros de delfinídeos amostrados e número de encontros com registros de assovios na Bacia de Santos; tabela ordenada pelas espécies com maior número de assovios.

Espécie/gênero	nº encontros	nº assovios
<i>Stenella frontalis</i>	60 (55%)	989 (42%)
<i>Stenella longirostris</i>	10 (9%)	435 (18%)
<i>Stenella clymene</i>	7 (6%)	238 (10%)
<i>Tursiops truncatus</i>	10 (9%)	201 (8%)
<i>Steno bredanensis</i>	3 (3%)	144 (6%)
<i>Stenella attenuata</i>	8 (7%)	132 (6%)
<i>Grampus griseus</i>	2 (2%)	55 (2%)
<i>Feresa attenuata</i>	1 (1%)	50 (2%)
<i>Globicephala</i>	5 (5%)	44 (2%)
<i>Peponocephala electra</i>	1 (1%)	43 (2%)
<i>Delphinus</i>	2 (2%)	35 (1%)
<b>Total</b>	<b>109</b>	<b>2.376</b>

Os dois primeiros eixos do PCA explicaram 31,7% da variância dos dados (Figura V.4-25). Selecionaram-se as principais variáveis que descrevem a variação de cada um dos sete primeiros eixos, as quais, por sua vez, descrevem mais de 70% da variação dos dados. Foi selecionado inicialmente um total de 24 variáveis a partir dos primeiros eixos do PCA. Posteriormente, desta lista inicial de variáveis mais explicativas, verificou-se a correlação entre pares de variáveis e, quando existia uma correlação alta (maior de 0,7 ou menor que -0,7) (Figura V.4-26), uma das variáveis foi eliminada. Assim, restaram 13 variáveis não correlacionadas que foram utilizadas nos classificadores. As variáveis indicadas pelo PCA foram as seguintes: FREQMAX, FREQSTDDEV, FREQBEGENDRATIO, FREQSLOPEMEAN, FREQMIN, INFLMAXDELTA, FREQABSSLOPEMEAN, NUMSWEEPSUPDWN, INFLDUR, FREQBEGSWEEP, FREQSTEPUP, FREQSTEPDOWN e STEPDUR.



**Figura V.4-25:** Biplot com os dois primeiros eixos fatoriais da Análise de Componentes Principais (PCA) das características dos assobios de diferentes espécies de golfinhos da Bacia de Santos. Elipses normais para cada grupo com 95% de probabilidade.



**Figura V.4-26:** Matriz de correlação das variáveis descritivas dos assobios de delfinídeos da Bacia de Santos pelo ROCCA. Ver abreviações e descrição das variáveis na **Tabela V.4-2**.

#### Caracterização acústica dos assobios

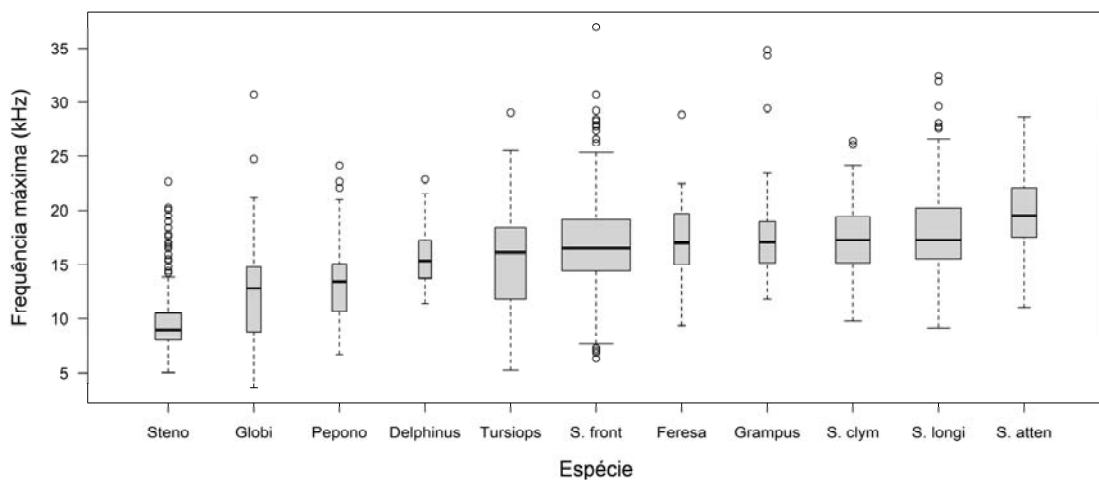
Os parâmetros mais utilizados nas análises acústicas de assobios na literatura podem ser resumidos em frequências - inicial, final, mínima, máxima - e tempo de duração do assobio. Esses parâmetros fornecem informações básicas que caracterizam a faixa sonora utilizada pelas espécies. A **Tabela V.4-4** apresenta o sumário detalhado desses parâmetros para os assobios de delfinídeos registrados no PMC-BS durante os quatro anos de monitoramento.

**Tabela V.4-4:** Sumário dos parâmetros acústicos dos assobios das espécies de delfinídeos registrados no PMC-BS. Valores indicam a média, desvio padrão e o mínimo e máximo entre parênteses.

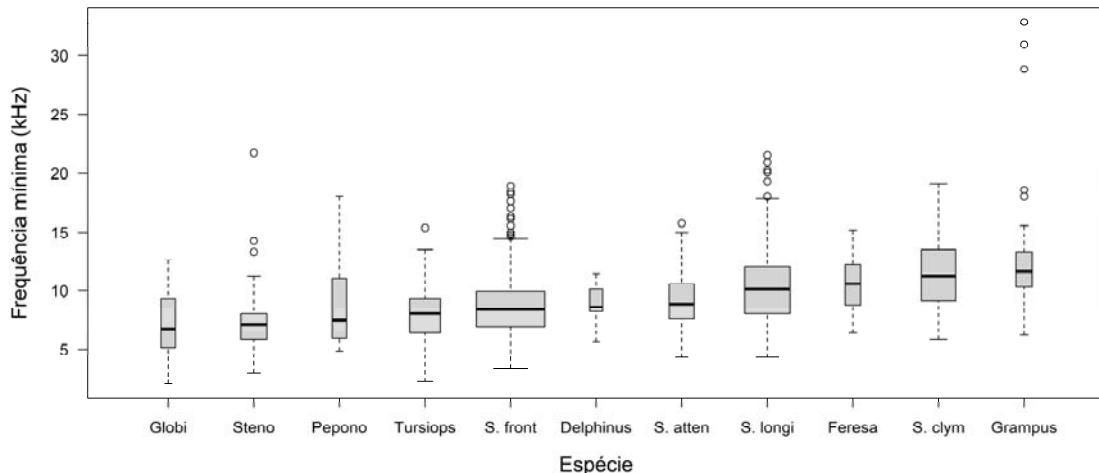
Espécie	Freq. Inicial (kHz)	Freq. Final (kHz)	Freq. Mínima (kHz)	Freq. Máxima (kHz)	Duração (s)
<i>Stenella longirostris</i> (n= 435)	12,5 ± 5,0 (4,3 – 31,9)	15,4 ± 4,1 (5,4 – 32,4)	10,3 ± 2,9 (4,3 – 21,6)	18,0 ± 3,6 (9,2 – 32,4)	0,99 ± 0,43 (0,07 – 2,7)
<i>Stenella attenuata</i> (n= 132)	11,0 ± 3,9 (4,3 – 24,4)	15,1 ± 5,8 (6,4 – 28,7)	9,2 ± 2,3 (4,3 – 15,7)	19,5 ± 3,7 (11,1 – 28,7)	0,80 ± 0,36 (0,09 – 1,54)
<i>Stenella clymene</i> (n= 248)	13,3 ± 3,6 (7,5 – 26,4)	13,6 ± 4,1 (5,8 – 24,2)	11,4 ± 2,8 (5,8 – 19,1)	17,4 ± 3,1 (9,7 – 26,4)	0,46 ± 0,31 (0,09 – 1,90)
<i>Stenella frontalis</i> (n= 989)	9,8 ± 3,2 (3,4 – 22,3)	15,2 ± 4,2 (3,7 – 37,0)	8,6 ± 2,3 (3,4 – 18,9)	16,8 ± 3,5 (6,4 – 37,0)	0,56 ± 0,31 (0,06 – 1,88)
<i>Tursiops truncatus</i> (n= 201)	10,0 ± 4,5 (2,4 – 29,1)	12,1 ± 4,9 (2,4 – 20,8)	7,9 ± 2,4 (2,2 – 15,4)	15,1 ± 4,6 (5,2 – 29,0)	1,01 ± 0,75 (0,05 – 5,61)
<i>Delphinus sp.</i> (n= 35)	11,4 ± 2,9 (7,1 – 18,0)	12,2 ± 2,7 (6,0 – 17,6)	9,0 ± 1,4 (5,6 – 11,4)	15,6 ± 2,8 (11,4 – 22,9)	0,91 ± 0,32 (0,14 – 1,55)
<i>Steno bredanensis</i> (n= 144)	8,2 ± 3,8 (3,0 – 22,3)	9,4 ± 3,6 (4,5 – 22,7)	7,3 ± 2,5 (3,0 – 21,7)	10,1 ± 3,7 (5,0 – 22,7)	0,43 ± 0,28 (0,02 – 1,66)
<i>Feresa attenuata</i> (n= 50)	12,7 ± 5,0 (6,4 – 28,9)	14,8 ± 2,9 (9,4 – 21,2)	10,4 ± 2,3 (6,4 – 15,2)	17,5 ± 3,4 (9,4 – 28,9)	1,27 ± 0,48 (0,28 – 2,18)
<i>Peponocephala la electra</i> (n= 43)	10,3 ± 4,6 (5,1 – 24,2)	11,4 ± 4,4 (5,1 – 22,5)	8,6 ± 3,4 (4,9 – 18,0)	13,3 ± 4,1 (6,7 – 24,2)	0,74 ± 0,28 (0,10 – 1,22)
<i>Grampus griseus</i> (n= 55)	14,2 ± 5,6 (6,2 – 33,2)	16,3 ± 4,7 (7,1 – 34,9)	12,7 ± 5,0 (6,2 – 32,8)	17,8 ± 4,5 (11,8 – 34,9)	0,83 ± 0,50 (0,09 – 2,28)
<i>Globicephala sp.</i> (n= 44)	7,9 ± 3,2 (2,1 – 14,6)	11,7 ± 5,4 (2,8 – 30,7)	7,1 ± 2,8 (2,1-12,5)	12,6 ± 5,0 (3,6 – 30,7)	0,58 ± 0,27 (0,09 – 1,06)

A frequência máxima média apresentou-se, de forma geral, distribuída entre 10 a 20 kHz, com o golfinho-de-dentes-rugosos, *Steno bredanensis* em seu limite inferior (**Figura V.4-27**) enquanto o limite superior (entre 17-20 kHz) foi observado em espécies do gênero *Stenella*, mas também nos assuvios da orca-pigmeia (*Feresa attenuata*) e golfinho-de-Risso (*Grampus griseus*). A frequência mínima de todas as espécies esteve concentrada abaixo de 12 kHz, com a menor média registrada (7,1 kHz) para a baleia-piloto, *Globicephala* sp., e a segunda mais baixa (7,3 kHz) para *S. bredanensis* (**Figura V.4-28**). A duração média dos assuvios raramente ultrapassou um segundo (**Figura V.4-29**), cuja maior média foi para *Feresa attenuata* (1,27 segundos), com a máxima duração registrada em 2,228 segundos. O assuvio mais longo foi o do golfinho-nariz-de-garrafa, *T. truncatus*, com 5 segundos, enquanto a média geral para a espécie foi de 1 segundo.

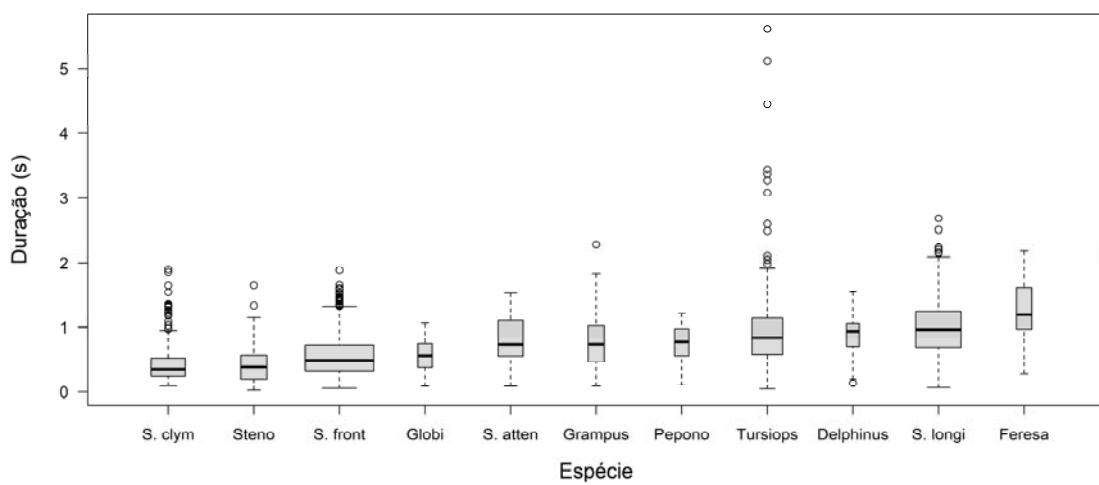
Todas as espécies apresentaram valores acima de 20 kHz (ultrassom) em algum parâmetro medido, sendo alguns deles, como *S. longirostris* e *S. frontalis*, produzidos totalmente nesta faixa e ultrapassando 32 kHz.



**Figura V.4-27:** Frequência máxima (kHz) de assuvios de delfinídeos ordenados de forma crescente pelas medianas coletadas na Bacia de Santos. Largura das caixas é proporcional ao tamanho da amostra. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.



**Figura V.4-28:** Frequência mínima (kHz) de assobios de delfinídeos ordenados de forma crescente pelas medianas coletadas na Bacia de Santos. Largura das caixas é proporcional ao tamanho da amostra. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.



**Figura V.4-29:** Duração (segundos) de assobios de delfinídeos ordenados de forma crescente pelas medianas coletadas na Bacia de Santos. Largura das caixas é proporcional ao tamanho da amostra. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.

### *Classificação de assovios de delfinídeos*

Das 11 espécies com assovios na Sonoteca do PMC-BS, eliminaram-se as espécies com menos de três grupos com registro acústico detectado durante o monitoramento e com menos de 100 assovios ( $n = 5$ ). As espécies com as maiores amostras de assovios foram subamostradas de maneira aleatória para um máximo de 150 assovios, evitando, assim, possíveis vieses de diferentes tamanhos amostrais.

Foram considerados classificadores de caráter multivariado, baseados nas abordagens de Análise Discriminante (DFA) e Árvores de Classificação (CART) (**Tabela V.4-5**). Foram considerados três grupos de variáveis nos modelos. O primeiro conjunto foi de 13 variáveis definidas pela PCA (ver acima) considerando todos os assovios e espécies. O outro conjunto de oito variáveis é usualmente descrito na literatura (e.g., OSWALD et al., 2003; AZZOLIN et al., 2014), quais sejam: FREQBEG, FREQEND, FREQMEDIAN, FREQMAX, FREQMIN, DURATION, FREQNUMSTEPS e NUMINFLECTIONS. Para o método de Florestas Aleatórias, também foi testado um modelo contendo todas as 50 variáveis fornecidas pelo ROCCA.

O método mais efetivo em classificar corretamente os assovios por espécie foi o modelo de Florestas Aleatórias utilizando todo o conjunto de 50 variáveis, com aproximadamente 68% de classificações corretas. O sucesso de classificação também foi diferente entre as espécies, variando de 58 a 90% (**Tabela V.4-6**). O golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*) foi a espécie que teve o maior percentual de acertos, com 90% das classificações corretas.

**Tabela V.4-5:** Classificadores dos assovios considerados para identificação da espécie de delfinídeo na Bacia de Santos, ordenados pelo maior percentual de classificações corretas.

Classificadores	Variáveis	Percentual de classificações corretas
<b>Florestas Aleatórias</b>	Todas	<b>67,7%</b>
<b>Florestas Aleatórias</b>	PCA	<b>65,1%</b>
<b>Florestas Aleatórias</b>	Literatura	<b>62,1%</b>
<b>CART</b>	Literatura	<b>57,3%</b>
<b>CART</b>	PCA	<b>57,2%</b>
<b>DFA</b>	PCA	<b>57,2%</b>
<b>DFA</b>	Literatura	<b>53,5%</b>

**Tabela V.4-6:** Matriz de confusão das classificações dos assaltos por espécies de delfinídeos da Bacia de Santos segundo o classificador Florestas Aleatórias com todas as variáveis. Diagonal (em negrito) representa o número de classificações acertadas da espécie pelo modelo.

Espécie (n)	Espécie prevista pelo modelo						Erro de classificação
	<i>Stenella attenuata</i>	<i>Steno bredanensis</i>	<i>Stenella longirostris</i>	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>Stenella frontalis</i>	<i>Stenella clymene</i>	
<i>Stenella attenuata</i> (132)	<b>76</b>	1	5	9	24	17	0,42
<i>Steno bredanensis</i> (144)	0	<b>129</b>	5	3	5	2	0,10
<i>Stenella longirostris</i> (150)	9	1	<b>100</b>	10	18	12	0,33
<i>Tursiops truncatus</i> (150)	5	9	8	<b>93</b>	20	15	0,38
<i>Stenella frontalis</i> (150)	12	4	10	14	<b>89</b>	21	0,41
<i>Stenella clymene</i> (150)	14	3	14	2	11	<b>106</b>	0,29

## Discussão sobre assovios

Com o conjunto de dados coletados em quatro anos de PMC-BS, já é possível distinguir entre seis espécies comuns de delfinídeos na Bacia de Santos (*Steno bredanensis*, *Tursiops Truncatus*, *Stenella frontalis*, *S. longirostris*, *S. clymene* e *S. attenuata*), com 70% de chance de acerto. Durante esse período, houve um aumento na amostra geral, entretanto, algumas espécies ainda seguem pouco representadas, seja pelo baixo número de encontros (como *Feresa attenuata* e *Peponocephala electra*) ou pelo comportamento acústico de emitir menos assovios (*Globicephala* sp.). À vista disso, das 11 espécies/gêneros presentes na Sonoteca PMC-BS, cinco foram retiradas da análise de classificação pelos motivos descritos acima, o que reforça a necessidade de continuar melhorando o conjunto amostral. As espécies/gêneros retirados por baixo “n” amostral foram *Grampus griseus*, *Feresa attenuata*, *Globicephala*, *Peponocephala electra* e *Delphinus*.

Oswald et al. (2007) descreve a utilização de análises DFA e CART para seis campanhas de monitoramento entre 1998 e 2005 (sete anos), alcançando um sucesso na identificação de espécies entre 31 e 73%. Roch et al. (2013) desenvolveram algoritmos de classificação robusta utilizando um banco de dados com 30 mil assovios, composto em 10 anos de esforço amostral.

Os assovios, na condição de sinais curtos de espécies gregárias, devem ser utilizados em faixas de frequências ideais para a comunicação entre indivíduos, que, por sua vez, está relacionada ao tamanho do corpo (STEINER 1981; RENDELL et al., 1999). Além disso, os parâmetros que foram selecionados por estarem menos correlacionados apresentam uma relação interessante com a utilização do espaço acústico, onde características como inclinações (FREQBEGENDRATIO, FREQSLOPEMEAN, FREQSTEPUP, FREQSTEPDOWN) e inflexões (INFLMAXDELTA, INFLDUR, NUMSWEEPUPDOWN) demonstram o quanto e quão rápido as espécies realizam modulações de frequência e, assim, se distinguem umas das outras.

Dentre todas as espécies, o golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*) teve o maior percentual de acertos nas classificações, com 90% das classificações corretas. São poucos os estudos sobre assovios da espécie na literatura mundial (OSWALD et al., 2003; 2007). Para a costa brasileira, Lima et al. (2012)

descreveram os assovios para grupos avistados na Baía de Guanabara, reportando valores semelhantes aos aqui apresentados, com destaque para a alta ocorrência comum de degraus e assovios estáveis, sem modulação. O diferencial dos assovios desta espécie pode associar-se a outras características morfológicas menos estudadas, como a ausência de um melão proeminente, órgão associado à produção de sons.

O golfinho-nariz-de-garrafa, *T. Truncatus*, foi outra espécie distintiva, que mesmo com poucos encontros ( $n = 10$ ; 9% do total) e número de assovios ( $n = 201$ ; 8% do total) apresentou um repertório característico, com a presença de assovios com longa duração e alta modulação de frequências.

O gênero *Stenella* é o mais diverso entre os delfinídeos, o que reflete em semelhanças morfológicas e comportamentais, sendo comum a ocorrência de grupos mistos (PSARAKOS et al., 2003). No entanto, quatro espécies foram identificadas automaticamente (*Stenella frontalis*, *S. longirostris*, *S. clymene* e *S. attenuata*), demonstrando características que as diferenciam. Existem poucos estudos para algumas espécies, como *S. attenuata* (OSWALD et al., 2003) e *S. clymene* (MULLIN et al., 1994), o que destaca a importância de um conhecimento mais detalhado sobre as mesmas na região de estudo. Outras espécies, como *S. frontalis* e *S. longirostris*, são mais comuns na literatura (e.g., BAZUA-DURAN & AU, 2002; LAMMERS et al., 2003; OSWALD et al., 2007) e foram as mais amostradas no PMC-BS, indicando que pode haver um aumento no sucesso de classificação para outras espécies do gênero, com a continuidade da coleta de dados.

As espécies menos abundantes foram na maioria membros da subfamília Globicephalinae, que apresentam um comportamento acústico diferente de outros delfinídeos, com um repertório com menos assovios e muitos sons pulsados, como os cliques e sons explosivos (“burst pulsed sounds”) ( NEVES, 2013).

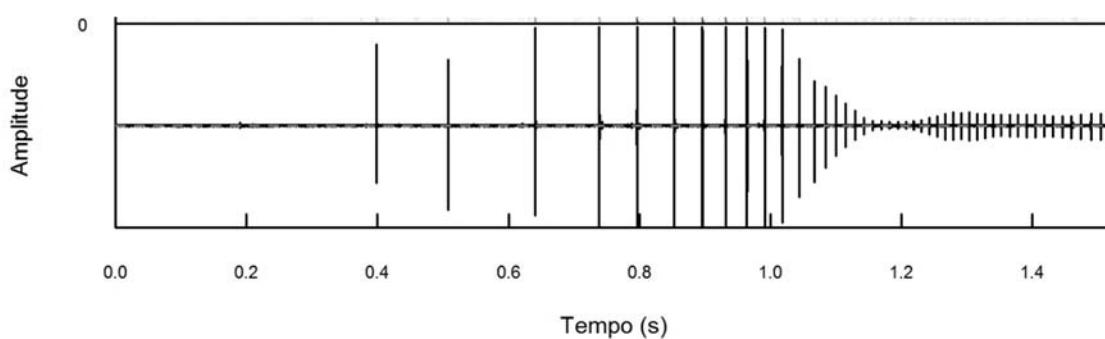
Todas as espécies registradas tinham componentes de assovios em faixa ultrassônica (acima de 20 kHz), com alguns assovios produzidos completamente nesta faixa, como *Stenella longirostris* e *S. frontalis*. Existem poucos estudos que reportam sobre assovios ultrassônicos. Uma interpretação recorrente afirma que as espécies podem ajustar os assovios para faixas mais altas de frequência em

ambientes mais ruidosos, tanto por sons antropogênicos como por grupos de coespecíficos muito numerosos, como os que ocorrem no gênero *Stenella* (LAMMERS et al., 2003; LIMA et al., 2012; PAPALE et al., 2015) ou até mesmo para evitar predadores como a orca, *Orcinus orca* (BELIKOV & BELKOVICH, 2007).

A variação no sucesso de classificação entre espécies menores e maiores pode ser observada na literatura. Utilizando a análise DFA, Oswald et al. (2007) conseguiram um nível de acerto entre 14,7% para golfinhos-listrados (*Stenella coeruleoalba*), uma espécie menor, e 63,8% para baleias-piloto-de-peitorais-curtas (*Globicephala melas*). Com a análise CART, o acerto variou entre 18,5% para o golfinho-rotador (*S. longirostris*) e 57% para a falsa-orca (*Pseudorca crassidens*), seguindo o mesmo padrão de relação entre tamanho do corpo e sucesso de identificação maior, consequente de assobios mais distintivos para espécies maiores. Esses parâmetros de variação também estão relacionados à comunicação dos delfinídeos em uma faixa ótima de frequências, onde cada espécie, entretanto, busca mecanismos de se diferenciar (PAPALE et al., 2015), formando seu nicho acústico (FARINA, 2014) no contexto da paisagem local, interagindo com sons ambientais e antropogênicos e resultando em um ambiente único (CLARK et al., 2009; MAZARIS et al., 2009; PIJANOWSKI et al., 2011), que varia em uma escala espaço-temporal.

#### V.4.3.2 Cliques

Os cliques de ecolocalização são sons pulsados, ultrassônicos e de alta intensidade, emitidos e recebidos em sequências regulares, conforme o animal investiga o ambiente ao redor (**Figura V.4-30**). A ecolocalização é utilizada para tarefas como navegação, forrageio e exploração do ambiente (AU, 1993), sendo exclusiva dos odontocetos entre os cetáceos.



**Figura V.4-30:** Exemplo de cliques de ecolocalização do golfinho-de-Risso (*Grampus griseus*) registrado no PMC-BS. Os pulsos são emitidos em sequências regulares, variando em relação à amplitude e ao intervalo entre pulsos, como parte do comportamento investigativo do animal emissor. A terminação da sequência, conhecida como “buzz”, indica a proximidade do animal ao objeto investigado, geralmente associado à perseguição e à captura de uma presa.

Do período de quatro anos do PMC-BS até o presente foram analisados cliques de ecolocalização pertencentes a sete táxons diferentes. No início, os esforços foram direcionados aos táxons que são facilmente reconhecíveis, nem mesmo havendo a necessidade de análises estatísticas para classificação, que pode ser feita com a confirmação por operadores de MAP ou analistas experientes.

Abaixo uma breve descrição das características dos cliques para os táxons que se enquadram em tal categoria. São grupos importantes na perspectiva da acústica, pois, na maior parte, são espécies de grandes mergulhadores oceânicos difíceis de serem detectados visualmente. Entre eles estão o cachalote (*Physeter macrocephalus*), o cachalote-pigmeu ou cachalote-anão (*Kogia* sp.) e as baleias bicudas (Família *Ziphiidae*). Outra espécie que também apresenta dificuldades para amostragem visual, em função de seu tamanho pequeno e comportamento elusivo, é a toninha (*Pontoporia blainvilliei*), presumidamente detectada em águas costeiras em algumas ocasiões no PMC-BS.

## Cachalote

Os cliques de ecolocalização dos cachalotes são conhecidos na literatura como “cliques usuais”, emitidos com intervalos característicos (intervalo entre cliques entre 0,5 - 2,0 s) e frequência central em torno de 15 kHz (MADSEN et al., 2002). Os cachalotes também produzem os chamados “creaks”, utilizados na ecolocalização em curtas distâncias e durante a fase de captura da presa, similar aos “buzzes” utilizados por outros odontocetos (MILLER et al., 2004). A principal forma de comunicação acústica conhecida entre os cachalotes são as vocalizações denominadas de “codas”, descritas como séries curtas e estereotipadas de cliques de banda larga (WATKINS & SCHEVILL, 1977). Outro tipo de vocalização, também relacionada à comunicação, são os denominados cliques “lentos”. Estes cliques são produzidos pelos machos, tanto nas áreas de alimentação, como nas áreas de reprodução. A frequência dos cliques está centrada em cerca de 2 - 4 kHz, a duração do clique é mais longa (500 - 10.000 µs) e o intervalo entre os cliques é maior (4 - 7 s) (WEILGART & WHITEHEAD, 1988; JAQUET et al., 2001, MADSEN et al., 2002)

Diferentes tipos de cliques do cachalote foram registrados no PMC-BS durante as Campanhas de Avistagem e MAP. Houve um maior número de detecções dos cliques “usuais”, mas os cliques lentos predominaram em algumas campanhas. Foram observadas poucas detecções contendo os “creaks” e nenhuma vocalização do tipo “coda” ou, pelo menos, não em qualidade suficiente para análise.

A **Tabela V.4-7** sumariza os dados coletados, indicando o número de detecções por campanha, entre cliques de ecolocalização e cliques lentos, além do número de detecções de qualidade aceitável que permitiu processar os dados para fazer a contagem e localização dos indivíduos, pressuposto para que se possam utilizar os dados em análises de estimativa populacional.

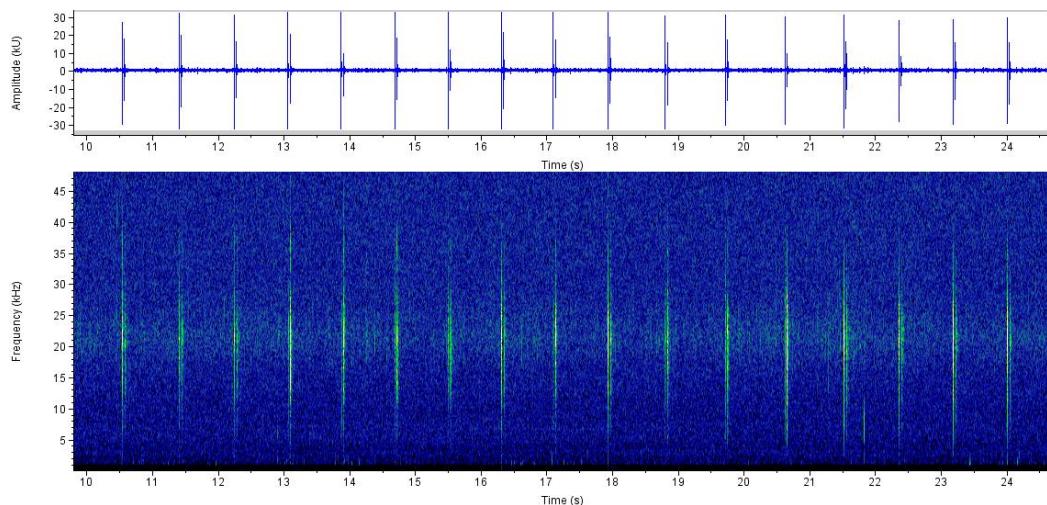
**Tabela V.4-7:** Número total acumulado de detecções de cachalote no PMC-BS, separado por campanha, tipo de vocalização (clique usual ou clique lento) e número de detecções que permitiu fazer a estimativa de distância e número de indivíduos, pressuposto para elaboração das estimativas de densidade populacional por meio do MAP.

<b>Campanha</b>	<b>Cliques Usuais</b>	<b>Cliques Lentos</b>	<b>Total Encontros</b>	<b>Encontros Localização</b>
<b>1</b>	8	0	8	3
<b>2</b>	7	0	7	4
<b>3</b>	2	0	2	1
<b>4</b>	2	0	2	1
<b>5</b>	1	4	5	0
<b>6</b>	2	0	2	0
<b>7</b>	0	8	8	0
<b>8</b>	4	0	4	1
<b>Total</b>	26	12	38	10

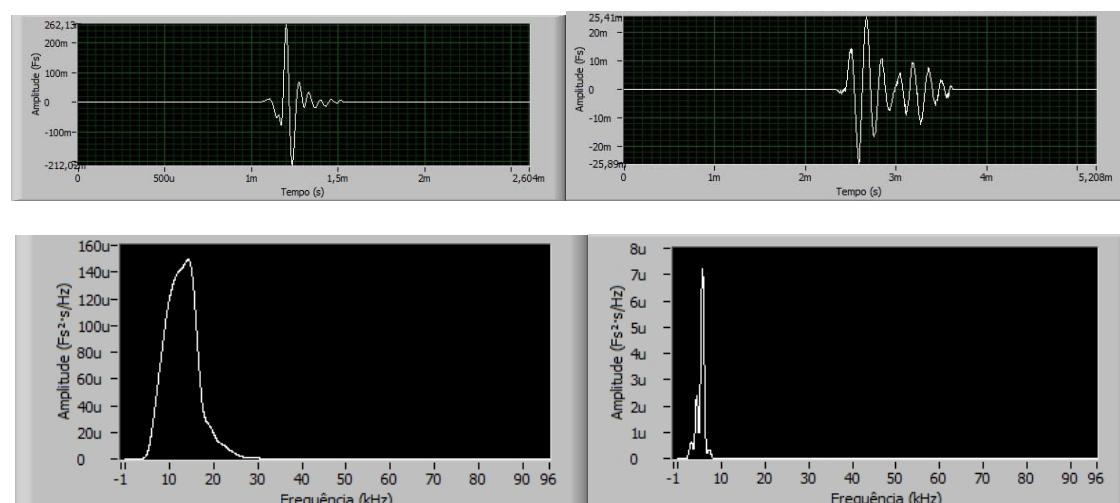
Apesar do alto número de detecções do cachalote no PMC-BS( $n = 38$ ), poucas tinham qualidade aceitável para permitir a contagem de indivíduos e o cálculo da distância (localização). As detecções no primeiro ano do PMC-BS permitiram que muitos indivíduos fossem contados e localizados, mas nos anos seguintes as detecções foram no geral breves e fracas. Os cliques lentos, predominantes nas Campanhas 5 e 7, por serem sinais de frequência mais baixa, são capazes de se propagar por grandes distâncias, e muitas vezes são detectados já fracos demais.

Pela facilidade de identificação dos cliques de cachalotes, não foram dispendidos esforços para uma ampla caracterização. A análise baseou-se em 134 cliques usuais e 16 cliques lentos ainda no primeiro ano do PMC-BS. A frequência pico e central média dos cliques usuais foi  $12,6 \pm 3,9$  kHz e  $12,8 \pm 3,6$  kHz, com intervalo entre cliques com média de  $0,5 \pm 0,2$  s. Já para os cliques lentos, a frequência pico e central média foi  $5,6 \pm 0,1$  kHz e  $5,7 \pm 0,1$  kHz, com intervalo entre cliques com média de  $4,2 \pm 0,3$  s. Esses valores são semelhantes aos descritos na literatura para a espécie (MOHL et al., 2003; MADSEN et al. 2002). Exemplo de uma sequência de cliques usuais no espectrograma, a forma da onda e o espetro

de potência de cliques usuais e cliques lentos estão exemplificados na **Figura V.4-31** e **Figura V.4-32**.



**Figura V.4-31:** Exemplo de cliques usuais de cachalote (acima oscilograma e abaixo espectrograma).



**Figura V.4-32:** Exemplo de um clique usual (à direita) e de um clique lento do cachalote (à esquerda). Acima o oscilograma e abaixo o espectro de frequência, com pico em torno de 15 kHz (clique usual) e 5 kHz (clique lento).

### *Cachalote-pigmeu e cachalote-anão*

O cachalote-pigmeu (*Kogia breviceps*) e o cachalote-anão (*Kogia sima*) são os únicos representantes da família Kogiidae. O gênero *Kogia* apresenta distribuição cosmopolita e habita águas oceânicas. Por ser um grupo difícil de observar no campo, a biologia de ambas as espécies é pouquíssima conhecida. Os cliques do gênero *Kogia* possuem características distintas de outros odontocetos oceânicos (banda de frequência mais estreita e frequência de pico mais alta) (MADSEN et al., 2005; MERKENS et al., 2018). Esse tipo de clique é denominado “*narrow band high frequency*” (NHBF) e também é observado em outros grupos de odontocetos, tal como na família Phocoenidae, Pontoporiidae e nos gêneros *Cephalorynchus* e *Lagenorhynchus* (Delphinidae) (MORISAKA et al., 2007; KYHN et al., 2010). Cliques do tipo NHBF detectados em áreas oceânicas pertencem presumidamente ao gênero *Kogia* e vêm sendo registrado sistematicamente em todas as campanhas do PMC-BS.

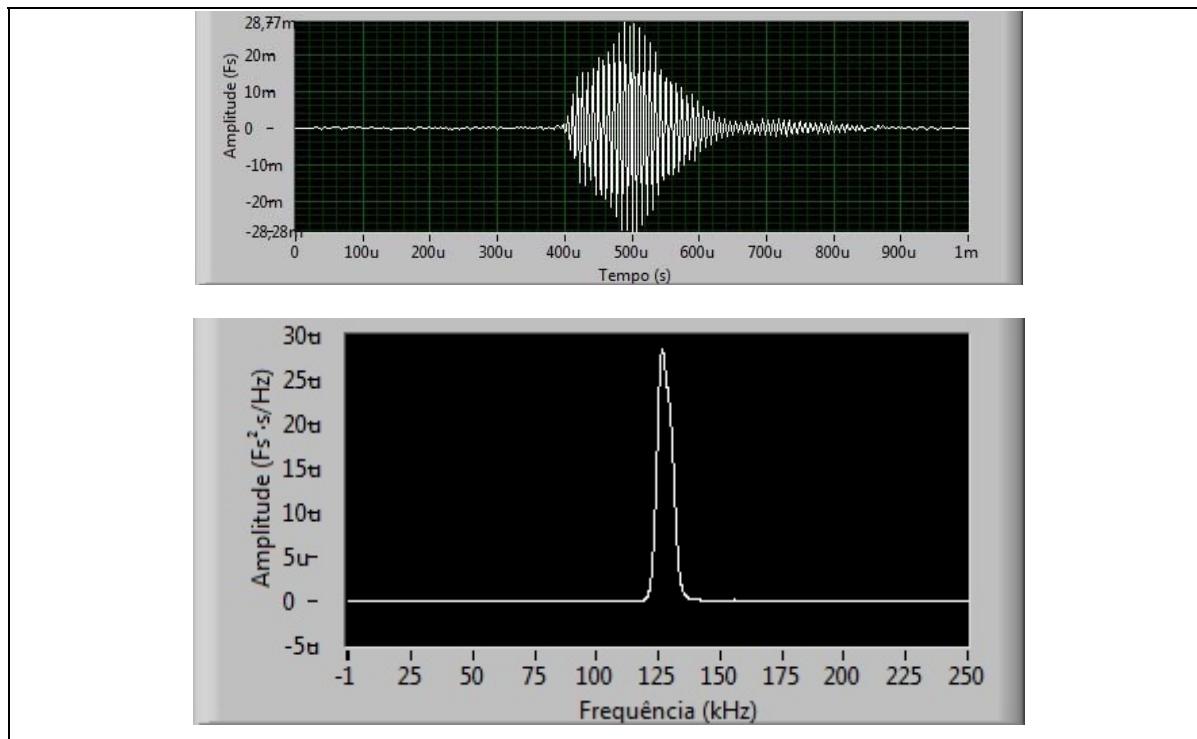
A **Tabela V.4-8** traz um sumário das detecções do gênero *Kogia* realizadas no PMC-BS. Houve detecções com centenas de cliques, enquanto que, para outras, apenas alguns poucos cliques, mas todas puderam ser confirmadas.

**Tabela V.4-8:** Número de detecções do gênero *Kogia* do PMC-BS, separadas por campanha e o número total de cliques extraídos para análise.

Campanha	Detecções	Cliques
1	2	2
2	1	71
3	4	395
4	2	4
5	4	232
6	1	0
7	1	361
8	1	0
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>1.065</b>

Do total de 1.065 cliques extraídos, as características espetrais dos cliques foram bastante consistentes, com média do pico de frequência em  $126,4 \pm 1,4$  kHz

e frequência central em  $126,8 \pm 1,4$  kHz. A onda possui inúmeras oscilações, com decaimento gradual de energia e uma cauda alongada. A duração média do pulso foi de  $267 \pm 202$   $\mu$ s. A banda é bem estreita (largura da banda -10dB de  $6,8 \pm 2,0$  kHz). A **Figura V.4-33** ilustra a forma da onda e o espectro de frequência de um clique presumidamente do gênero *Kogia* detectado no PMC-BS.



**Figura V.4-33:** Forma da onda de um clique do gênero *Kogia*. O pulso apresenta inúmeras oscilações com decaimento gradual e uma cauda alongada. Abaixo, o espectro de frequência ilustrando a banda estreita e o pico em cerca de 125 - 130 kHz.

*Kogia* spp. realiza mergulhos profundos e apresenta uma frequência de pico dos cliques muito alta, contribuindo para que as detecções sejam breves (entre 1 - 3 minutos) e com poucos cliques. No entanto, enquanto 16 registros foram feitos pelo MAP para as oito campanhas de Avistagem e MAP, somente dois registros foram feitos pela equipe de observadores até o presente. Um único registro de avistagem foi identificado como um grupo composto por um adulto e filhote do cachalote-pigmeu (*Kogia sima*). O registro visual também foi breve e, na ocasião,

não foram detectados cliques. O conjunto dos dados de Avistagem e MAP indica que a falta de avistagem de espécies do gênero *Kogia* não necessariamente significa que a espécie seja rara. O uso do MAP permitiu detectar uma presença relativamente frequente na Bacia de Santos, fato que, ao contrário, não teria sido possível apenas pelo esforço visual.

### *Baleia-bicuda*

A família Ziphidae é composta por mais de 22 espécies, o que faz do grupo a segunda maior família de cetáceos. A biologia da maioria das espécies é pouco conhecida. São animais oceânicos e elusivos, que passam a maior parte do tempo em grandes profundidades para forragear. Na superfície são discretos e muitas vezes o borriço não é visível. Estas características fazem com que os zifídeos estejam entre os grupos de mamíferos marinhos mais difíceis de serem estudados (JOHNSON et al., 2004; TYACK, 2006; BARLOW & GISINER, 2006).

Os cliques da maior parte dos zifídeos estão numa banda de frequência entre 30 e 50 kHz. Notavelmente, destaca-se nos cliques a modulação de frequência ascendente, o que nenhum outro grupo de odontocetos apresenta. Essa característica já é suficiente para identificar os cliques dos zifídeos, mas outros parâmetros são necessários para identificação em nível de espécie (BAUMANN-PICKERING et al., 2013).

Nas campanhas de Avistagem e MAP do PMC-BS, os cliques de zifídeos vêm sendo registrados como certa consistência, apesar de não terem sido detectados em todas as campanhas. Como os encontros acústicos podem pertencer a diferentes espécies, é mais parcimonioso analisar cada encontro separadamente, na tentativa de identificar a espécie. Diferente dos outros grupos, os dados de baleia-bicuda foram processados pelo detector de cliques do programa PAMGUARD e as características acústicas extraídas usando o programa R (mais detalhes podem ser encontrados em PETROBRAS, 2018). Apenas encontros com 10 ou mais cliques detectados foram considerados para a tentativa de classificação das espécies. Nas Campanhas 7 e 8 foram dois registros, mas em apenas um foram obtidos 10 cliques ou mais. Foram no total nove detecções acústicas de baleia-bicuda ao longo das oito campanhas de Avistagem e MAP do PMC-BS. Em

cinco delas foram detectados 10 cliques ou mais e as detecções consideradas para análises (**Tabela V.4-9**).

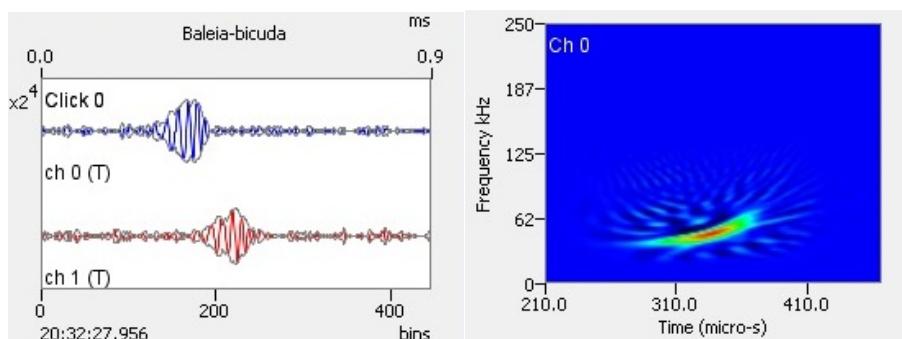
**Tabela V.4-9:** Sumários das detecções acústicas de baleia-bicuda (*Ziphiidae*) registradas no PMC-BS, com o respectivo número de cliques detectados.

Código ID MAP	Data	Profundidade (m)	Cliques
<b>PMC_3_AP01</b>	09/10/2016	2149	3
<b>PMC_3_A137</b>	01/11/2016	2497	6
<b>PMC_4_A045</b>	22/03/2017	1095	22
<b>PMC_5_A010</b>	28/08/2017	1909	10
<b>PMC_5_A011</b>	28/08/2017	1727	25
<b>PMC_5_A047</b>	06/09/2017	2085	33
<b>PMC_5_A124</b>	02/10/2017	2221	2
<b>PMC_7_A026</b>	10/09/2018	2037	21
<b>PMC_8_A027</b>	21/03/2019	1953	4
<b>Total</b>	-	-	<b>101</b>

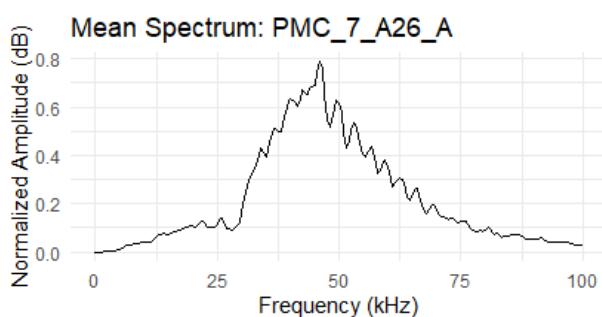
Os resultados das análises estão sumarizados na **Tabela V.4-10**. A **Figura V.4-34** ilustra o espectro de frequência dos cliques de uma detecção de baleia-bicuda. A **Figura V.4-35** ilustra um clique de baleia-bicuda extraído do detector de cliques do PAMGUARD. No geral, os cliques apresentaram as características singulares da maioria dos zifídeos descritos na literatura, tal como pico de energia na banda entre 30 - 50 kHz e modulação de frequência ascendente.

**Tabela V.4-10:** Sumário dos parâmetros acústicos dos cliques de baleia-bicuda (zifídeos) registrados no PMC-BS. (Freq p = frequência pico, Freq M = frequência média, LB-3dB = largura da banda -3dB, LB-10dB = largura da banda -10dB).

<b>ID Encontro Acústico</b>	<b>Freq. p (kHz)</b>	<b>Freq.M (kHz)</b>	<b>LB -3dB (kHz)</b>	<b>LB -10dB (kHz)</b>
PMC_4_A45	45 ±6,7	45 ±6,6	5,0 ±3,9	20 ±9,9
PMC_5_A10	46 ±9,7	47 ±7,1	9,0 ±5,9	20 ±6,9
PMC_5_A11	48 ±11	50 ±10	6,5 ±5,6	21 ±7,7
PMC_5_A47	43 ±3,5	45 ±4,0	6,2 ±5,1	25 ±7,3
PMC_7_A26	42 ±2,9	45 ±3,6	14 ±5,4	28 ±7,8



**Figura V.4-34:** Representação da forma da onda de um clique de baleia-bicuda (à esquerda) e o gráfico de Wigner-Ville (à direita). Nota-se a modulação de frequência ascendente típica do clique de zifídeos.



**Figura V.4-35:** Média do espectro de frequência da detecção de zifídeo realizada na Campanha 7 do PMC-BS (PMC\_7\_A26).

Nas águas do Brasil, nove espécies de baleias-bicudas já foram registradas (maior parte registros de encalhes de poucos espécimes) (LODI & BOROBIA, 2013). Cinco espécies são endêmicas do Hemisfério Sul, usualmente encontradas em águas temperadas ou polares e provavelmente raras nas águas mais quentes da Bacia de Santos. As outras quatro espécies são encontradas em águas tropicais ou subtropicais de ambos os hemisférios e deveriam ser mais comuns nas águas da Bacia de Santos. Os resultados obtidos das análises das características dos cliques de baleias-bicudas do PMC-BS ainda são inconclusivos quanto a confirmação da(s) espécie(s), porém, os cliques se assemelharam ao que foi descrito na literatura para a baleia-bicuda-de-Gervais (*Mesoplodon europaeus*) e baleia-bicuda-de-True (*Mesoplodon mirus*). Os cliques das duas espécies têm características espectrais semelhantes, mas o intervalo entre os cliques (ICI) parece ser maior na baleia-bicuda-de-Gervais, quando comparado ao da baleia-bicuda-de-True (DEANGELIS et al., 2018). Os dados do PMC-BS possuem um número muito baixo de cliques, o que dificulta uma descrição robusta. Os dados de ICI das detecções do PMC-BS são extremamente limitados ( $n = 14$ ), mas eles se assemelharam ao descrito para a baleia-bicuda-de-Gervais (média =  $272 \pm 0,02 \mu\text{s}$ ).

Diferenças geográficas dos cliques para as espécies de baleias-bicuda, ou até mesmo diferenças individuais, permanecem desconhecidas. A falta de informações sobre os cliques das espécies que habitam águas tropicais do Atlântico Sul, juntamente com o número amostral de cliques muito baixo no PMC-BS atualmente, dificulta a obtenção de uma classificação confiável. Quanto aos dados de avistagem, um único zifídeo foi registrado na Campanha 8 de Avistagem e MAP. Um grupo de quatro indivíduos foi avistado por alguns minutos na superfície e identificado como baleia-bicuda-de-Cuvier (*Ziphus cavirostris*). Durante o encontro não foram detectados cliques. Essa espécie está entre as quatro espécies de zifídeos que habitam águas tropicais. Na tentativa de melhorar a qualidade das detecções acústicas de zifídeos no PMC-BS, as equipes de campo das Campanhas de Avistagem e MAP foram orientadas a sempre diminuir a velocidade, ou até

mesmo permanecer com a embarcação estacionária, sempre que fossem avistados ou detectados cliques de zifídeos.

Até o presente, os nove encontros acústicos registrados indicam que os zifídeos podem não ser tão raros na região. Os registros indicam preferência por águas do talude inferior, com média de profundidade das detecções acústicas em cerca de 2.000 m, distribuídos tanto nas porções norte e sul da Bacia de Santos.

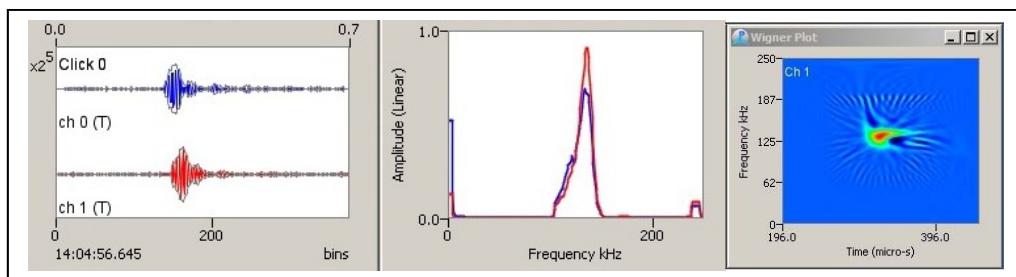
### *Toninha*

A toninha ou franciscana (*Pontoporia blainvilliei*) é a única espécie representante da Família Pontoporiidae. Sua distribuição é restrita à costa leste da América do Sul e seu habitat preferencial são águas costeiras de até 30 m de profundidade. O comportamento da toninha na superfície é discreto, comportamentos aéreos são raros e, em geral, evitam aproximação de embarcações. O tamanho pequeno, grupos com poucos indivíduos e a coloração parda são outros fatores que tornam a toninha uma espécie elusiva e difícil de observar em campo (CREMER & SIMÕES-LOPES, 2005; WELLS et al., 2013).

Foram apenas dois registros de cliques do tipo NBHF nas águas costeiras durante as campanhas do PMC-BS (Campanhas 1 e 4), presumidamente pertencentes a toninha. Os registros das duas detecções mostraram que os animais estavam em cerca de 20 m de profundidade e poucas dezenas de cliques foram detectados. No Relatório Anual 2 (PETROBRAS, 2017b), esses cliques foram analisados manualmente ( $n = 89$  cliques), porém, muitos deles estavam com a relação sinal/ruído baixa. As águas costeiras, além de já serem naturalmente mais ruidosas que as águas oceânicas, ainda contam com o arranjo de hidrofones mais próximo da popa da embarcação Sea Route (150 m), contribuindo com ruído maior e dificultando as detecções.

Para este relatório, os dados foram revisitados e processados com o auxílio do detector de cliques do PAMGUARD. Para tanto, usou-se um detector com banda de teste entre 120 - 140 kHz e um limiar de detecção de 10 dB acima do ruído ambiente. Os parâmetros dos cliques foram extraídos utilizando-se o algoritmo ROCCA, incorporado ao PAMGUARD. O resultado foi de 25 cliques detectados. A

média da frequência pico e a frequência central desses cliques foram de  $131 \pm 2,9$  e  $132 \pm 2,7$  kHz, respectivamente. Os valores foram semelhantes ao reportado na literatura (MELCON et al., 2012). A **Figura V.4-36** ilustra um exemplo de clique tipo NBHF detectado nas novas análises.



**Figura V.4-36:** Representação da forma da onda de um clique presumidamente da toninha (*Pontoporia blainvilliei*) (esquerda), espectro de frequência do clique (centro) e gráfico de distribuição de Wigner-Ville (direita).

A toninha é a única espécie comum das águas costeiras do Brasil que produz cliques do tipo NBHF. Outras espécies que produzem cliques semelhantes são mais comuns em águas mais austrais, tal como é o caso das marsopas (família Phocoenidae) e dos golfinhos do gênero *Cephalorynchus* e *Lagenorhynchus*. A única marsopa já encontrada em águas que incluem a área de estudo foi *Phocoena dioptrica* (golfinho-de-óculos). Dois exemplares foram encontrados encalhados em Navegantes (SC), em duas ocasiões diferentes no ano de 2017, conforme Relatório Técnico Anual PMP-BS - Fase 1 (PETROBRAS, 2018). Estes encalhes foram uns dos raros registros da espécie no Brasil (LODI & BOROBIA, 2013).

Dada a raridade de outros golfinhos costeiros que produzem frequência NBHF no Brasil, presume-se que a detecção dos cliques do tipo NBHF na região costeira da Bacia de Santos são atribuídos à toninha; assim como aqueles detectados na região oceânica são presumidamente do gênero *Kogia*. Foi verificada uma tendência de picos de frequência mais alta para cliques do tipo NBHF costeiros, quando comparados aos oceânicos.

### Análise Multivariada dos Cliques de Odontocetos

O processamento e a análise dos cliques de ecolocalização de delfinídeos ocorreram de forma exploratória e com a finalidade de avaliar as diferenças entre as espécies. Atualmente, cliques de quatro espécies foram analisados: baleia-piloto (*Globicephala* sp.), golfinho-de-Risso (*Grampus griseus*), orca-pigmeia (*Freres aattenuata*) e golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*). O áudio original foi segmentado em trechos contendo os cliques de ecolocalização. Foi utilizado um detector no programa RAVEN 1.5 para extrair os cliques dos trechos segmentados. O detector foi configurado para uma banda de teste entre 5 - 165 kHz e limiar de detecção de 15 dB acima do ruído ambiente. As análises foram manuais, utilizando o analisador de cliques desenvolvido em LabView para extrair as características dos cliques conforme metodologia descrita previamente. Foi utilizada uma Análise de Componentes Principais (PCA), semelhante ao que foi aplicado para os dados de assóvios, para avaliar as relações entre as variáveis consideradas e o potencial de discriminação das espécies através dos cliques.

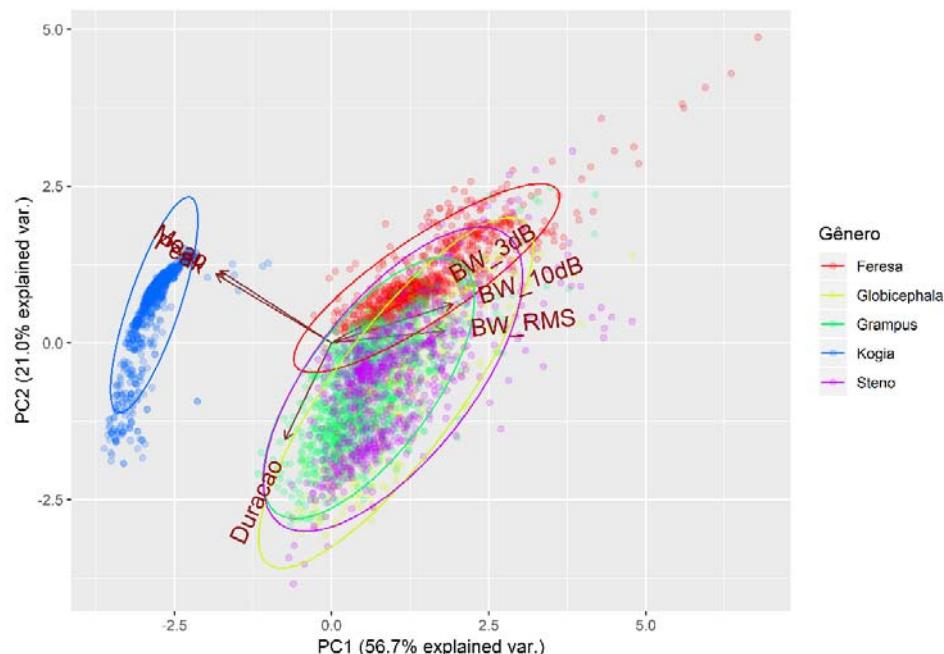
A **Tabela V.4-11** sumariza o número de encontros e cliques detectados para cada uma das quatro espécies de delfinídeos consideradas. A confirmação da espécie destes encontros acústicos foi visual. Além disso, a análise do PCA incluiu os cliques presumidamente do gênero *Kogia* descritos previamente, pois o número amostral desses cliques foi suficientemente alto para fazer parte das análises estatísticas.

Os resultados do PCA mostraram que o primeiro eixo explicou 57% da variação, enquanto o segundo eixo, 21% (78% da variação no acumulado dos dois primeiros eixos) (**Figura V.4-37**).

**Tabela V.4-11: Espécies/gêneros de delfinídeos amostrados e número de encontros com registros de assovios na Bacia de Santos; tabela ordenada pelas espécies com maior número de assovios.**

Espécie/gênero	Encontros	Cliques
<i>Grampus griseus</i>	6	1.049
<i>Globicephala</i> sp.	9	344
<i>Feresa attenuata</i>	1	827
<i>Steno bredanensis</i>	5	798
<i>Kogia</i> sp.	12	1.064
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>4.082</b>

Os resultados do PCA mostraram que o primeiro eixo explicou 57% da variação, enquanto o segundo eixo, 21%; e o acumulado dos dois primeiros eixos mostrou 78% da variação (**Figura V.4-37**).



**Figura V.4-37: Biplot com os dois primeiros eixos fatoriais da Análise de Componentes Principais (PCA) das características dos cliques de diferentes espécies analisadas de acordo com os registros do PMC-BS. Elipses normais para cada grupo com 95% de probabilidade.**

Observou-se uma correlação positiva muito forte entre os parâmetros frequência de pico e frequência média (Correlação de Pearson = 99%). Da mesma

forma, também houve uma correlação positiva forte entre os parâmetros de largura da banda -3dB e RMS (Correlação de Pearson = 74%). Fica evidente na nuvem de pontos do gráfico biplot a dissimilaridade dos cliques de *Kogia* em relação às demais espécies. O gênero *Kogia* apresenta cliques com frequência de pico e média de valores bem acima das outras espécies, além da largura da banda estreita. Esta dissimilaridade foi observada na correlação negativa entre os parâmetros de largura da banda (-3 dB, -10 dB e RMS) e os parâmetros de frequência pico e média, no primeiro eixo da PCA.

Fica evidente na nuvem de pontos do gráfico biplot a dissimilaridade dos cliques do gênero *Kogia sp.* em relação às demais espécies. O gênero *Kogia* apresenta cliques com frequência de pico e média de valores bem acima das outras espécies, além da largura da banda estreita. Uma correlação negativa dos parâmetros de largura da banda (-3 dB, -10 dB e RMS) com os parâmetros de frequência pico e média, observados no primeiro eixo (PC1) indicou tal fato. Os cliques desse gênero são do tipo NBHF. Eles são bem distintos porque as frequências de pico e média estão bem acima dos tipos de cliques das demais espécies, além da largura de banda estreita estar em contraste com a banda larga dos cliques característicos dos delfinídeos.

O segundo eixo (PC2) permitiu observar uma correlação negativa entre as variáveis de pico de frequência e frequência média com a duração dos cliques. Esta correlação pode ser explicada em função das propriedades dos cliques e da forma como são captados. Os cliques são sinais altamente direcionais, emitidos na frente da cabeça do animal. Quando captados fora do eixo da frente da cabeça do animal emissor (cliques fora do eixo), estes tendem a sofrer distorções, como perda de energia nas frequências mais altas e aumento da duração. Portanto, cliques com picos de frequência mais alta tendem a ter uma duração menor (MADSEN & WAHLBERG, 2007).

Dentre as espécies analisadas, a orca-pigmeia foi a espécie que apresentou os maiores picos de frequência e a menor duração. Os picos de frequência do golfinho-de-Risso e da baleia-piloto foram mais baixos, porém os cliques da baleia-piloto tenderam a ser ainda mais baixos do que os do golfinho-de-Risso. Já para golfinho-de-dentes-rugosos, a nuvem de pontos do gráfico biplot apresentou uma

dispersão maior, sobrepondo-se às demais espécies de delfinídeos.

Os dados ainda são preliminares, porém os resultados indicam o potencial da discriminação das espécies com base em seus cliques. Entre os delfinídeos, a relação entre frequência de pico, duração e a distorção provocada pelos cliques captados fora do eixo devem ser levadas em consideração. Porém, uma análise com um volume maior de amostras entre diferentes encontros acústicos com mais espécies incluídas deve melhorar a possibilidade de distinção entre espécies e gêneros. Futuramente, o objetivo é automatizar a detecção e extração de parâmetros dos cliques, permitindo que um volume maior de dados com mais espécies seja incluído nas análises e que os resultados sejam incorporados em classificadores para a discriminação das espécies por meio dos cliques.

#### *Considerações finais sobre repertório acústico*

O desempenho satisfatório de detectores e classificadores permitem que os dados de MAP sejam explorados de forma mais abrangente, contribuindo nos estudos de aspectos ecológicos das espécies. No entanto, a complexidade das vocalizações, a sobreposição de características e o comportamento acústico das diferentes espécies de cetáceos tornam esta tarefa desafiadora. Análises de tipos de sons diferentes podem maximizar a identificação de espécies em monitoramento de cetáceos. Com o avanço no estudo dos cliques gerados pelo MAP, percebe-se a complementaridade para a identificação de espécies. À vista disso, o esforço de quatro anos de PMC buscando conhecer a diversidade acústica dos cetáceos na Bacia de Santos caracterizou diferentes padrões sonoros, como assovios e cliques de ecolocalização que contribuem no conhecimento do repertório sonoro e na identificação de espécies.

Roch et al. (2007) incluiu ambos os assovios e cliques em algoritmos de classificação. O autor variou o acerto entre 65 e 72% e demonstrou que os cliques também podem ser valiosos para a identificação de espécies. Ranking et al. (2017) também testou classificadores com uma abordagem integrativa de diferentes tipos de vocalizações, incluindo cinco espécies de delfinídeos, e atingiu uma média geral de 84% de acerto. No presente estudo, a média geral de acerto dos dados de assovios do PMC-BS pelo melhor classificador foi de quase 70%, incluindo 6

espécies de delfinídeos. A continuidade da coleta de dados e a inclusão de novas espécies e outros tipos de vocalizações, tal como os cliques, têm o potencial de melhorar ainda mais a taxa de acerto, contribuindo para os objetivos propostos pelo PMC-BS.

## V.5 Estado de Saúde e Grau de Contaminação

### V.5.1 Análise de lesões de pele

As lesões de pele observadas em cetáceos durante o PMC-BS foram separadas em 13 categorias adaptado de Wilson et al. (1999) (**Tabela V.5-1**).

**Tabela V.5-1:** Categorias e descrição de lesões de pele observadas durante o PMC-BS.

Categorias de lesões	Descrição
Nódulos multifocais	Elevações de variados tamanhos, normalmente arredondados, de etiologia desconhecida
Ferida aberta	Lesões oriundas de interação intraespecífica ou etiologia desconhecida; lesões de origem antrópica e de tubarão charuto não são consideradas
Lesão erosiva arredondada	Lesões arredondadas multifocais ou focais, deprimidas sem ter inflamação aparente
Manchas avermelhadas	Manchas avermelhadas, bem delimitadas
Manchas esbranquiçadas	Área extensa com descoloração em relação a pele normal ou esbranquiçada, sem contorno bem definido
Lesões esbranquiçadas	Manchas esbranquiçadas arredondadas, únicas ou multifocais
Deformidade	Deformação em que não é possível saber a causa, podendo ser congênito ou adquirido
Lesões semelhantes a poxvírus	Lesões bem delimitadas, de halo de coloração enegrecido, e centro de coloração esbranquiçado ou enegrecido, dependendo do estágio da doença
Lesões semelhantes a lobomicose	Lesões verrucosas esbranquiçadas ou rosadas, com relevo pronunciado e com ulceração.
Mutilações ou interação antrópica	Cortes bem delimitados em nadadeiras dorsal que tenham retirado parte significativa da nadadeira; cortes paralelos em pedúnculo ou dorso com distância simétrica compatível com colisões com embarcações
Lesões de tubarão charuto	Marcas de tubarão charuto, cicatrizadas, recentes ou em processo de cicatrização
Lesões de úlceras	Lesões arredondadas de centro mais deprimido que a borda, circunscrita única, multifocal e multifocal a coalescente
Lesões inespecíficas	Diversos tipos de lesões que não se enquadram em nenhum dos itens acima

A **Tabela V.5-2** apresenta para todos os ciclos a prevalência (%) de lesões (e mutilações) entre os indivíduos identificados. Nota-se que no quarto ano do PMC-BS (7º e 8º Ciclos), em geral, as prevalências aumentaram, com exceção daquelas espécies com pequeno número de indivíduos identificados até o momento. Para a maioria das espécies já se nota uma estabilização na porcentagem de indivíduos identificados com algum tipo de lesão.

Analizando a prevalência para aquelas espécies com maior número de registros identificados, destaque para *Balaenoptera brydei* entre os misticetos que teve mais da metade dos registros (64%) com algum tipo de lesão. Para odontocetos, olhando para as espécies com maior quantidade de registro, nota-se, em geral, uma baixa prevalência de lesões, variando de 7% em *Stenella frontalis* a 26% em *G. griseus* e *S. clymene*. As lesões mais frequentes até o momento foram as lesões inespecíficas (25% do total), de tubarão-charuto (26%), e lesões esbranquiçadas (18%). Mutilações com provável origem antrópica (6%), poxvírus (2%), ou lesões semelhantes a lobomicose (1%) não foram frequentes (**Tabela V.5-3**).

**Tabela V.5-2: Prevalência acumulada de lesões epidérmicas (ou mutilações) entre os indivíduos identificados, por espécie e ciclo do PMC-BS.**

Espécie	Ciclo							
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º
<i>B. acutorostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. bonaerensis</i>	0	0	0	0	66%	66%	66%	66%
<i>B. borealis</i>	0	23%	23%	23%	12%	12%	20%	20%
<i>B. brydei</i>	60%	50%	55%	43%	52%	57%	57%	64%
<i>B. musculus</i>	0	0	0	0	50%	50%	50%	50%
<i>B. physalus</i>	0	28%	42%	56%	15%	15%	15%	15%
<i>Delphinus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>F. attenuata</i>	0	0	0	0	100%	12%	12%	15%
<i>Globicephala</i> sp.	0	0	22%	22%	22%	22%	50%	48%
<i>G. griseus</i>	0	5%	5%	3%	3%	11%	13%	26%
<i>K. simus</i>	0	0	0	0	0	0	0	100%
<i>L. hosei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

Espécie	Ciclo							
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º
<i>M. novaeangliae</i>	0	0	0	0	5%	5%	7%	0
<i>O. orca</i>	0	0	0	0	0	0	0	4%
<i>P. electra</i>	0	0	0	0	0	18%	18%	12%
<i>P. macrocephalus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. blainvillici</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. crassidens</i>	0	0	0	0	0	0	0	18%
<i>S. guianensis</i>	16%	16%	16%	16%	14%	14%	11%	10%
<i>S. attenuata</i>	50%	25%	25%	25%	20%	25%	20%	15%
<i>S. clymene</i>	0	0	0	0	11%	21%	21%	26%
<i>S. frontalis</i>	50%	6%	3%	5%	3%	3%	5%	7%
<i>S. longirostris</i>	0	10%	10%	10%	7%	9%	10%	9%
<i>S. bredanensis</i>	0	0	0	0	0	4%	14%	8%
<i>T. truncatus</i>	15%	13%	13%	11%	10%	13%	13%	15%
<i>Z. cavirostris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

A Tabela V.5-3 apresenta a ocorrência de cada tipo de lesão, por espécie. Nota-se que *Balaenoptera borealis*, *B. brydei*, *Globicephala* sp., *Megaptera novaeangliae*, *Stenella frontalis* e *Tursiops truncatus*, continuam apresentando a maior diversidade de tipos de lesão até o momento, e lesões esbranquiçadas e lesões de tubarão-charuto são as lesões mais comuns entre as espécies.

**Tabela V.5-3:** Ocorrência de cada tipo de lesão epidérmica por espécies, considerando apenas indivíduos fotoidentificados, acumulado de todos os ciclos do PMC-BS (NM – nódulos multifocais; FA – ferida aberta; LA – lesão erosiva arredondada; MV – mancha avermelhada; ME – mancha esbranquiçada; LE – lesões esbranquiçadas; DF – deformidades físicas (malformação); PX – lesões semelhantes a poxvírus; LB – lesões semelhantes a lobomicose; AT – mutilações ou antrópica; TC – lesões de tubarão charuto; LU – lesões de úlceras; IN – lesões inespecífica).

Espécie	Tipo de lesão														Total	%
	NM	FA	LA	MV	ME	LE	DF	PX	LB	AT	TC	LU	IN			
<i>B. acutorostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. bonaerensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	1	
<i>B. borealis</i>	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	4	0	1	9	5	
<i>B. brydei</i>	0	0	7	0	1	7	0	2	0	1	1	0	3	15	9	
<i>B. musculus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	1	
<i>B. physalus</i>	0	1	0	0	1	3	0	2	0	0	6	0	1	8	5	
<i>Delphinus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>F. attenuata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
<i>Globicephala</i> sp.	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	7	0	15	25	14	
<i>G. griseus</i>	1	0	0	0	0	6	0	1	0	0	4	0	4	14	8	
<i>L. hosei</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
<i>M. novaeangliae</i>	1	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	1	5	3	
<i>O. orca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. electra</i>	2	0	0	0	0	4	0	1	0	1	7	0	8	19	11	
<i>P. macrocephalus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. blainvilliei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. crassidens</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
<i>S. guianensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	
<i>S. attenuata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	3	
<i>S. clymene</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	3	2	
<i>S. frontalis</i>	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	2	1	6	3	
<i>S. longirostris</i>	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	4	0	3	9	5	
<i>S. bredanensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	4	2	
<i>T. truncatus</i>	1	5	0	0	1	1	0	0	2	4	1	0	5	29	17	
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>32</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>45</b>	<b>2</b>	<b>43</b>	<b>174</b>		
<b>%</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>26</b>	<b>1</b>	<b>25</b>			

A **Figura V.5-1** a **Figura V.5-13** apresentam alguns exemplos de lesões e suas descrições mais comuns ocorrentes ao longo do PMC-BS. No geral, as lesões observadas são de etiologia desconhecida, mas destacam-se dois casos observados em regiões costeiras: uma *B. brydei* atropelada por uma embarcação bimotor com grandes cicatrizes de hélice no dorso; um *T. truncatus* com a nadadeira dorsal parcialmente cortada em processo de mutilação por um fio de nylon ainda preso no animal, resultado de uma interação com aparato de pesca; e um *Steno bredanensis* também com mutilação provável por rede de pesca (**Figura V.5-1**). Lesões de mutilação foram observadas esparsamente em algumas outras espécies como em *Sotalia guianensis* e *Stenella frontalis*, porém sem causa determinada. O acompanhamento da prevalência dessas lesões permitirá inferir sobre interações interespecíficas diretas, como emalhamentos em redes de pesca ou colisões com embarcação. No total, 11 registros de mutilação por interação antrópica foram observados desde o início do monitoramento. As espécies registradas com mutilações foram em *Balaenoptera brydei* (n = 1), *Peponocephala electra* (n = 2), *Sotalia guianensis* (n = 1), *Stenella frontalis* (n = 2), *Steno bredanensis* (n = 2); e *Tursiops truncatus* (n=3).

Entre as lesões observadas, destaca-se também a ocorrência de lesões semelhantes a poxvírus em *Balaenoptera borealis*, *B. brydei*, *B. physalus*, *Peponocephala electra*, *Stenella clymene*, *S. frontalis* e *S. longirostris* (**Figura V.5-2**). Poxvírus apresentam uma ampla gama de hospedeiros específicos: desde o vírus da varíola, que infecta o homem, ao vírus da vaccínia, que infecta várias espécies de mamíferos (MCFADDEN, 2005). O poxvírus atualmente identificado em cetáceos foi nomeado temporariamente de *cetacean poxvirus* (CePV), sendo registrado pela primeira vez na década de 70, em *Tursiops truncatus* (GERACI et al., 1979). Posteriormente foi registrado em várias espécies de odontocetos e misticetos, embora até o momento não se tenha registros de lesões semelhantes em *Balaenoptera brydei*, *Stenella clymene*, *Peponocephala electra* e *Grampus griseus*. Para *Balaenoptera physalus* uma recente determinação molecular confirmou a infecção pelo vírus (MELERO et al. 2005). Para *Megaptera novaengliae*, baseado em registros fotográficos, recentemente foi observada alta prevalência de lesões semelhantes à poxvirus em uma subpopulação não-

migratória da espécie no Golfo de Omã (VAN BRESSEM et al., 2014). Pouco se sabe sobre o papel de fatores ambientais no desenvolvimento, severidade e epidemiologia dessa doença, ainda que se sugira uma possível relação com contaminantes imunossupressores e/ou situações de estresse crônico, o que poderia estar ligado à qualidade ambiental. Os dados clínicos e epidemiológicos indicam que o vírus não causa mortalidade, porém possa afetar significativamente indivíduos sem proteção imunológica (VAN BRESSEM et al., 2009).

Chamou atenção uma interação interespecífica não-humana: ao menos 13 espécies apresentaram lesões de prováveis mordidas de tubarão-charuto (*Isistius brasiliensis*) (**Figura V.5-3**). Para algumas espécies, entre elas *Stenella attenuata* e *S. longirostris*, mordidas de tubarão-charuto foram consideradas a *causa mortis* de infantes (SOUTO et al., 2007). Além de *Tursiops truncatus*, *Stenella attenuata*, *S. frontalis*, *Balaenoptera brydei*, *B. physalus*, lesões por tubarão-charuto foram observadas em *Balaenoptera bonaerensis*, *B. borealis* e *B. musculus*, *Globicephala* sp., *Grampus griseus*, *P. electra*, *Steno bredanensis* e *T. truncatus*. Nota-se que a prevalência dessas lesões ocorre em espécies de hábitos mais oceânicos, coerente com a distribuição de *Isistius brasiliensis*, que ocorre principalmente em águas oceânicas quentes e próximas a ilhas.

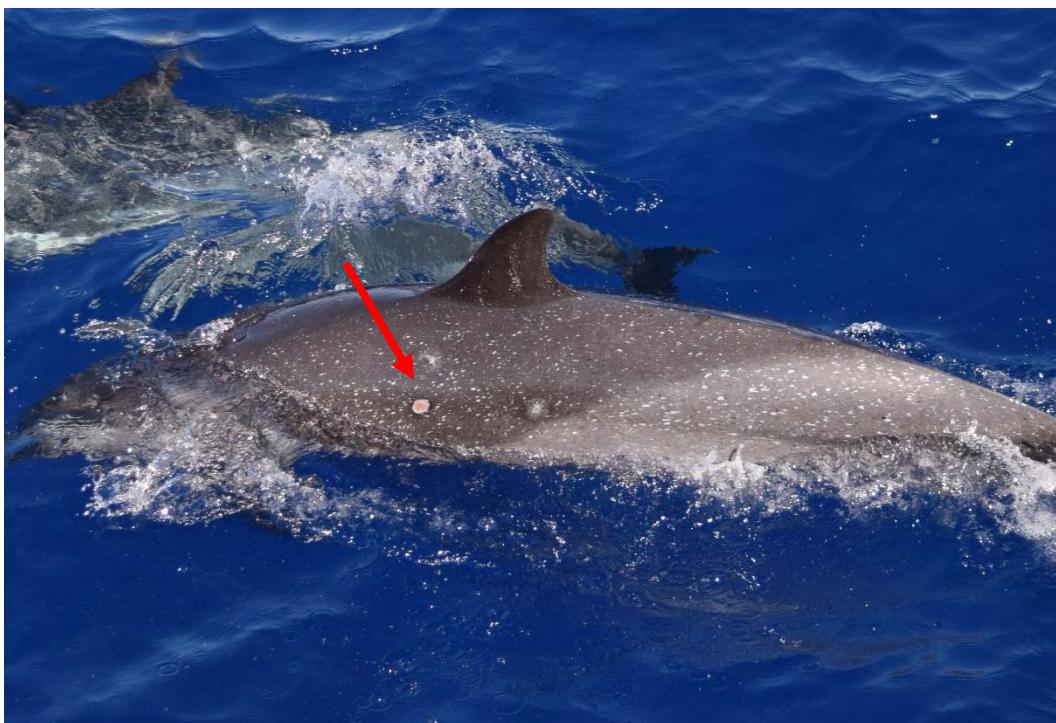
Registros de cracas pedunculares fixadas ao rosto, como o que ocorreu no primeiro ano em *Delphinus* sp., não se repetiram nos três anos subsequentes. No entanto, um indivíduo de *Stenella frontalis* foi observado com uma deformação de rosto provavelmente congênita (**Figura V.5-4**), considerando que aparentemente realizava atividades vitais normalmente. Outras lesões, como nodulares e cicatrizes são exemplificadas abaixo, embora a etiologia seja geralmente desconhecida (**Figura V.5-5 a Figura V.5-13**).



**Figura V.5-1:** Lesões antrópicas, provável petrecho de pesca, em *Steno bredanensis*. Registro pelo PMC-BS em 01/02/2019 (-23,02725; -42,92193).



**Figura V.5-2:** Lesão similar a poxvírus, arredondadas e bem delimitadas, em *Stenella longirostris*. Registro pelo PMC-BS em 08/02/2018 (-24,26010; -43,86865).



**Figura V.5-3:** Marcas de tubarão-charuto em *Stenella attenuata*. Registro pelo PMC-BS em 22/09/2018 (-24,39348; -43,00130).



**Figura V.5-4:** Deformação, provavelmente congênita ou adquirido em *Stenella frontalis*. Registro pelo PMC-BS em 25/07/2017 (-23,47333; -44,85064).



**Figura V.5-5:** Nódulos multifocais de etiologia desconhecida em *Pseudorca crassidens*. Registro pelo PMC-BS em 16/03/2019 (-26,29788; -46,71944).



**Figura V.5-6:** Ferida aberta inespecífica não cicatrizada em *Megaptera novaeangliae*. Registro pelo PMC-BS em 28/09/2018 (-24,26269; -41,23317).



**Figura V.5-7:** Lesão erosiva arredondada multifocal deprimida e sem inflamação aparente em *Balaenoptera brydei*. Registro pelo PMC-BS em 04/02/2017 (-25,92682; -45,74579).



**Figura V.5-8:** Lesão esbranquiçada e bem delimitadas em *Globicephala* sp. Registro pelo PMC-BS em 22/09/2018 (-24,39348; -43,00130).



**Figura V.5-9:** Manchas avermelhadas, bem delimitadas em *Megaptera novaeangliae*. Registro pelo PMC-BS em 26/07/2018 (-23,34528; -44,52747).



**Figura V.5-10:** Manchas esbranquiçadas, sem contorno bem definido em *Megaptera novaeangliae*. Registro pelo PMC-BS em 28/07/2018 (-23,06892; -43,33486).



**Figura V.5-11:** Lesões esbranquiçadas, arredondadas, únicas ou multifocais em *Feresa attenuata*. Registro pelo PMC-BS em 07/02/2019 (-26,57552; -45,90420).



**Figura V.5-12:** Lesão similar a lobomicose em *Tursiops truncatus*. Registro pelo PMC-BS em 03/09/2018 (-27,47793; -46,69093).



**Figura V.5-13: Lesões inespecíficas em *Tursiops truncatus*. Registro pelo PMC-BS em 18/07/2018 (-26,93086; -48,60220).**

## V.5.2 Contaminantes

Este Item apresenta os resultados das análises de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPA e da Padronização de Técnicas de Biomarcadores Bioquímicos e Moleculares desenvolvidos em amostras de cetáceos coletadas no âmbito do PMC.

Essas análises foram realizadas em objeto de contratação firmado entre Petrobras e o Departamento de Oceanografia Física, Química e Geológica do Instituto Oceanográfico, da Universidade de São Paulo (IO-USP), para as análises de HPA, e Petrobras e o Laboratório de Biomarcadores de Contaminação Aquática e Imunoquímica, da Universidade Federal de Santa Catarina (LABCAI/UFSC), para as análises de Biomarcadores.

Ainda que estes dados incorporem o relatório anual do PMC, as análises e considerações aqui apresentadas são de autoria dos responsáveis técnicos dos referidos laboratórios.

### V.5.2.1 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos – HPA

As análises de HPA foram desenvolvidas pelo Departamento de Oceanografia Física, Química e Geológica do Instituto Oceanográfico, da Universidade de São Paulo (IO-USP), sob coordenação do Prof. Dr. Rafael Andre Lourenço.

Foram analisados HPA em 88 amostras de tecido adiposo de cetáceos, coletadas em biópsias através do disparo de dardos nos animais durante os cruzeiros de avistagem na Bacia de Santos. Essas 88 amostras foram coletadas de 7 indivíduos de *Balaenoptera borealis*, 2 *Balaenoptera brydei*, 2 *Balaenoptera edeni*, 1 *Eubalaena australis*, 3 *Globicephala*, 13 *Megaptera novaeangliae*, 3 *Orcinus orca*, 3 *Peponocephala electra*, 4 *Steno bredanensis*, 5 *Stenella frontalis*, 17 *Stenella longirostris* e 28 *Tursiops truncatus*. Deste total, 27 machos, 26 fêmeas e 35 com sexo não determinado.

Nestas 88 amostras analisadas, as concentrações totais de HPA variaram entre <LD e 3053 ng g<sup>-1</sup> em peso úmido. Deste total, em 67 amostras (76%) foram quantificados HPA, sendo 18 amostras de machos, 18 de fêmeas e 31 em animais com sexo indeterminado.

Das 67 amostras em que houve detecção de HPA, em 55 amostras o naftaleno foi o HPA predominante, sendo que em 23 dessas amostras o naftaleno foi o único HPA detectado. Além do naftaleno, o fenantreno, o fluoranteno e o pireno foram os HPA com maior destaque.

As concentrações de HPA encontradas nos cetáceos podem ser consideradas relativamente baixas considerando as concentrações para cetáceos apresentadas nas revisões bibliográficas realizadas por SANSEVERINO e MENICONI (2015) e por BÍCEGO et al. (2018), onde foram encontradas concentrações, em peso úmido, de até 198000 ng g<sup>-1</sup> em tecido adiposo de cetáceos.

Na **Tabela V.5-4** são apresentados os intervalos das concentrações de HPA no tecido adiposo de cada espécie. Na **Tabela V.5-5** são apresentadas a identificação e detalhes das amostras de cetáceos analisadas e os resultados da análise de HPA.

**Tabela V.5-4:** Intervalo de concentração de HPA nas amostras de cetáceos - PMC.  
 Concentrações em peso úmido (ng g<sup>-1</sup>).

Espécie / Intervalo de concentração	nº de indivíduos	nº de amostras com HPA	ΣHPA (ng g <sup>-1</sup> )	ΣHPA leves (ng g <sup>-1</sup> )	ΣHPA pesados (ng g <sup>-1</sup> )	Naftaleno* (%)
<i>Balaenoptera borealis</i>	7	6	<LD - 1709	<LD - 1636	<LD - 73,1	33 - 100
<i>Balaenoptera brydei</i>	4	1	<LD - 28,4	<LD - 28,4	<LD	100
<i>Eubalaena australis</i>	1	1	47,3	47,3	<LD	68
<i>Globicephala</i>	3	3	22,8 - 33,2	22,8 - 33,2	<LD	100
<i>Megaptera novaeangliae</i>	13	9	<LD - 780,8	<LD - 780,8	<LD - 31,2	62 - 100
<i>Orcinus orca</i>	3	2	<LD - 23,2	<LD - 23,2	<LD	100
<i>Peponocephala electra</i>	3	0	<LD	<LD	<LD	-
<i>Steno bredanensis</i>	4	4	<LD - 2173	<LD - 2043	<LD - 130,3	72 - 100
<i>Stenella frontalis</i>	5	3	<LD - 56,5	<LD - 56,5	<LD	67 - 100
<i>Stenella longirostris</i>	17	15	<LD - 452,8	<LD - 289,3	<LD - 190,3	27 - 100
<i>Tursiops truncatus</i>	28	23	<LD - 3053	<LD - 2685	<LD - 828	17 - 100

Concentrações de HPA em peso úmido  
 houve detecção de HPA; LD = 0,6 ng g<sup>-1</sup>

\* Considerando apenas as amostras em que

Na **Figura V.5-14** a **Figura V.5-21** são apresentadas as distribuições dos HPA nas amostras onde eles foram quantificados. Apesar da predominância de HPA de

2 e 3 anéis aromáticos na maioria das amostras, resultado da presença marcante de naftaleno na maior parte dos casos, o perfil dos HPA não é um perfil característico de HPA predominantes do petróleo, visto a ausência de HPA alquilados como os alquil-naftalenos e alquil-fenanrenos, assim como a ausência dos dibenzotiofenos.

**Tabela V.5-5:** Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecidos de cetáceos - PMC. Concentrações em peso úmido (ng g<sup>-1</sup>).

Identificador (SisPMC)	Sexo	Espécie	ΣHPA (ng g <sup>-1</sup> )	ΣHPA leves (ng g <sup>-1</sup> )	ΣHPA pesados (ng g <sup>-1</sup> )	Naftaleno (%)	Umidade (%)	Lipídios (%)
063BGC	M	<i>B. borealis</i>	958,6	921,4	37,2	87	58	6,8
073BGC	M	<i>B. borealis</i>	1709,4	1636,3	73,1	80	63	16,4
074BGC	M	<i>B. borealis</i>	<LD	<LD	<LD	-	47	25,6
285BGC	I	<i>B. borealis</i>	58,4	58,4	<LD	55	24	4,0
288BGC	I	<i>B. borealis</i>	17,6	17,6	<LD	100	62	8,0
290BGC	I	<i>B. borealis</i>	75,3	48,6	26,7	33	63	6,4
291BGC	I	<i>B. borealis</i>	36,8	36,8	<LD	76	60	3,3
282BGC	I	<i>B. brydei</i>	28,4	28,4	<LD	100	25	45,2
187BGC	F	<i>B. brydei</i>	<LD	<LD	<LD	-	37	22,0
104BGC	F	<i>B. brydei</i>	<LD	<LD	<LD	-	26	37,2
107BGC	F	<i>B. brydei</i>	<LD	<LD	<LD	-	47	8,4
273BGC	I	<i>E. australis</i>	47,3	47,3	<LD	68	60	2,3
294BGC	I	<i>Globicephala</i>	22,8	22,8	<LD	100	33	18,4
295BGC	I	<i>Globicephala</i>	24,4	24,4	<LD	100	50	29,2
296BGC	I	<i>Globicephala</i>	33,2	33,2	<LD	100	48	15,6
051BGC	M	<i>M. novaeangliae</i>	780,8	780,8	<LD	87	49	31,2
052BGC	M	<i>M. novaeangliae</i>	<LD	<LD	<LD	-	27	34,0
078BGC	F	<i>M. novaeangliae</i>	<LD	<LD	<LD	-	84	2,0
135BGC	M	<i>M. novaeangliae</i>	671,0	650,4	20,6	74	41	17,6
147BGC	M	<i>M. novaeangliae</i>	137,8	137,8	<LD	100	21	23,2
151BGC	M	<i>M. novaeangliae</i>	692,3	661,1	31,2	81	39	10,8
184BGC	M	<i>M. novaeangliae</i>	10,8	10,8	<LD	100	34	27,6
185BGC	F	<i>M. novaeangliae</i>	<LD	<LD	<LD	-	26	25,6
186BGC	M	<i>M. novaeangliae</i>	<LD	<LD	<LD	-	27	24,4
272BGC	I	<i>M. novaeangliae</i>	27,1	27,1	<LD	100	46	39,2
275BGC	I	<i>M. novaeangliae</i>	71,3	71,3	<LD	62	32	46,0

Identificador (SisPMC)	Sexo	Espécie	ΣHPA (ng g <sup>-1</sup> )	ΣHPA leves (ng g <sup>-1</sup> )	ΣHPA pesados (ng g <sup>-1</sup> )	Naftaleno (%)	Umidade (%)	Lipídios (%)
279BGC	I	<i>M. novaeangliae</i>	30,0	30,0	<LD	100	33	32,4
280BGC	I	<i>M. novaeangliae</i>	51,8	51,8	<LD	75	38	7,8
165BGC	M	<i>O. orca</i>	<LD	<LD	<LD	-	59	18,0
284BGC	I	<i>O. orca</i>	23,2	23,2	<LD	100	55	17,2
287BGC	I	<i>O. orca</i>	19,2	19,2	<LD	100	68	0,4
253BGC	I	<i>P. electra</i>	<LD	<LD	<LD	-	41	27,2
255BGC	I	<i>P. electra</i>	<LD	<LD	<LD	-	38	31,6
257BGC	I	<i>P. electra</i>	<LD	<LD	<LD	-	48	20,4
178BGC	F	<i>S. frontalis</i>	<LD	<LD	<LD	-	57	6,0
200BGC	M	<i>S. frontalis</i>	16,5	16,5	<LD	100	62	10,8
214BGC	I	<i>S. frontalis</i>	<LD	<LD	<LD	-	49	10,4
274BGC	I	<i>S. frontalis</i>	53,1	53,1	<LD	75	39	7,5
298BGC	I	<i>S. frontalis</i>	56,5	56,5	<LD	67	44	9,5
028BGC	F	<i>S. longirostris</i>	25,4	25,4	<LD	100	58	1,0
064BGC	M	<i>S. longirostris</i>	27,0	27,0	<LD	74	53	14,0
065BGC	F	<i>S. longirostris</i>	44,1	44,1	<LD	87	62	14,0
088BGC	F	<i>S. longirostris</i>	<LD	<LD	<LD	-	60	16,8
089BGC	F	<i>S. longirostris</i>	39,6	39,6	<LD	76	57	14,0
095BGC	M	<i>S. longirostris</i>	48,8	48,8	<LD	67	66	15,0
097BGC	M	<i>S. longirostris</i>	22,6	22,6	<LD	100	56	12,0
175BGC	F	<i>S. longirostris</i>	235,4	212,2	23,2	77	61	2,0
176BGC	F	<i>S. longirostris</i>	452,8	262,5	190,3	42	47	10,0
188BGC	F	<i>S. longirostris</i>	403,5	289,3	114,2	50	44	14,0
191BGC	M	<i>S. longirostris</i>	<LD	<LD	<LD	-	59	4,0
193BGC	F	<i>S. longirostris</i>	306,5	240,2	66,3	62	37	13,0
215BGC	I	<i>S. longirostris</i>	200,8	105,1	95,7	27	52	22,0
216BGC	I	<i>S. longirostris</i>	167,7	90,2	77,4	29	80	20,0
217BGC	I	<i>S. longirostris</i>	245,3	150,1	95,3	38	58	17,0
224BGC	I	<i>S. longirostris</i>	105,2	105,2	<LD	68	58	10,0
244BGC	I	<i>S. longirostris</i>	173,0	133,4	39,6	57	54	13,0
110BGC	M	<i>S. bredanensis</i>	2173,6	2043,3	130,3	72	43	10,0
251BGC	I	<i>S. bredanensis</i>	17,4	17,4	<LD	100	34	17,6
278BGC	I	<i>S. bredanensis</i>	20,8	20,8	0,0	100	46	18,0
281BGC	I	<i>S. bredanensis</i>	26,7	26,7	0,0	100	50	8,0
001BGC	M	<i>T. truncatus</i>	19,1	19,1	<LD	100	55	21,0
002BGC	M	<i>T. truncatus</i>	24,9	24,9	<LD	67	58	15,0

Identificador (SisPMC)	Sexo	Espécie	$\Sigma$ HPA (ng g <sup>-1</sup> )	$\Sigma$ HPA leves (ng g <sup>-1</sup> )	$\Sigma$ HPA pesados (ng g <sup>-1</sup> )	Naftaleno (%)	Umidade (%)	Lipídios (%)
005BGC	M	<i>T. truncatus</i>	<LD	<LD	<LD	-	59	8,0
006BGC	M	<i>T. truncatus</i>	675,6	675,6	<LD	89	53	13,2
007BGC	F	<i>T. truncatus</i>	22,3	22,3	<LD	100	53	5,0
012BGC	F	<i>T. truncatus</i>	33,6	33,6	<LD	76	55	8,0
017BGC	F	<i>T. truncatus</i>	36,6	36,6	<LD	76	54	12,0
037BGC	M	<i>T. truncatus</i>	32,4	32,4	<LD	78	57	5,0
048BGC	F	<i>T. truncatus</i>	38,7	38,7	<LD	79	54	3,0
058BGC	F	<i>T. truncatus</i>	3053,7	2685,1	368,6	65	36	22,0
084BGC	F	<i>T. truncatus</i>	21,3	21,3	<LD	100	60	11,0
099BGC	F	<i>T. truncatus</i>	719,1	685,6	33,5	79	32	20,8
109BGC	M	<i>T. truncatus</i>	<LD	<LD	<LD	-	54	12,4
113BGC	M	<i>T. truncatus</i>	<LD	<LD	<LD	-	1	20,8
114BGC	F	<i>T. truncatus</i>	<LD	<LD	<LD	-	55	14,8
123BGC	F	<i>T. truncatus</i>	605,6	295,7	310,0	30	58	28,0
125BGC	F	<i>T. truncatus</i>	688,7	342,3	346,4	31	59	13,0
127BGC	M	<i>T. truncatus</i>	<LD	<LD	<LD	-	64	8,0
128BGC	F	<i>T. truncatus</i>	568,8	328,0	240,8	39	53	8,0
143BGC	M	<i>T. truncatus</i>	1383,2	555,0	828,2	20	52	2,0
168BGC	F	<i>T. truncatus</i>	596,2	530,5	65,7	17	48	8,4
173BGC	M	<i>T. truncatus</i>	229,5	206,0	23,4	74	53	2,0
208BGC	I	<i>T. truncatus</i>	278,7	187,8	90,9	28	50	9,0
209BGC	I	<i>T. truncatus</i>	167,5	113,4	54,0	30	53	4,0
228BGC	I	<i>T. truncatus</i>	33,9	33,9	<LD	100	55	12,0
238BGC	I	<i>T. truncatus</i>	17,5	17,5	<LD	100	50	18,4
239BGC	I	<i>T. truncatus</i>	16,7	16,7	<LD	100	57	7,6
276BGC	I	<i>T. truncatus</i>	53,3	53,3	<LD	72	53	3,3

Concentrações de HPA em peso úmido

 LD = 0,6 ng g<sup>-1</sup>

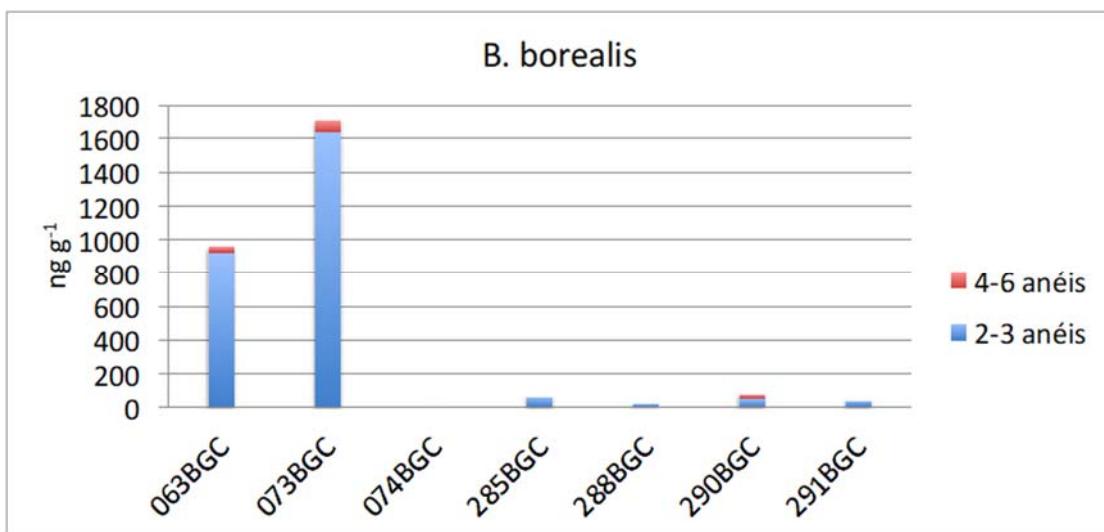
M = Macho

HPA leves = 2-3 anéis aromáticos

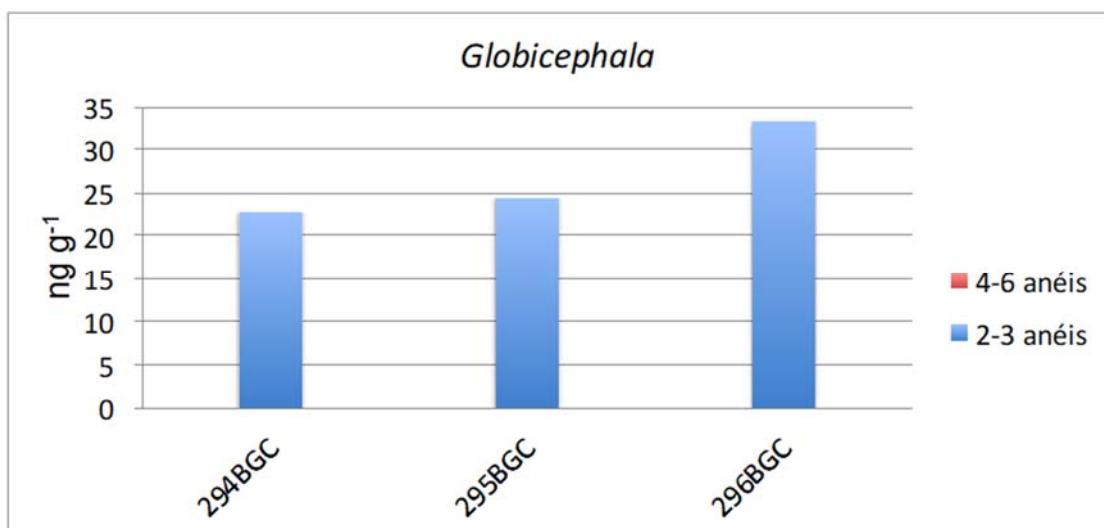
 LQ = 9,0 ng g<sup>-1</sup>

F = Fêmea

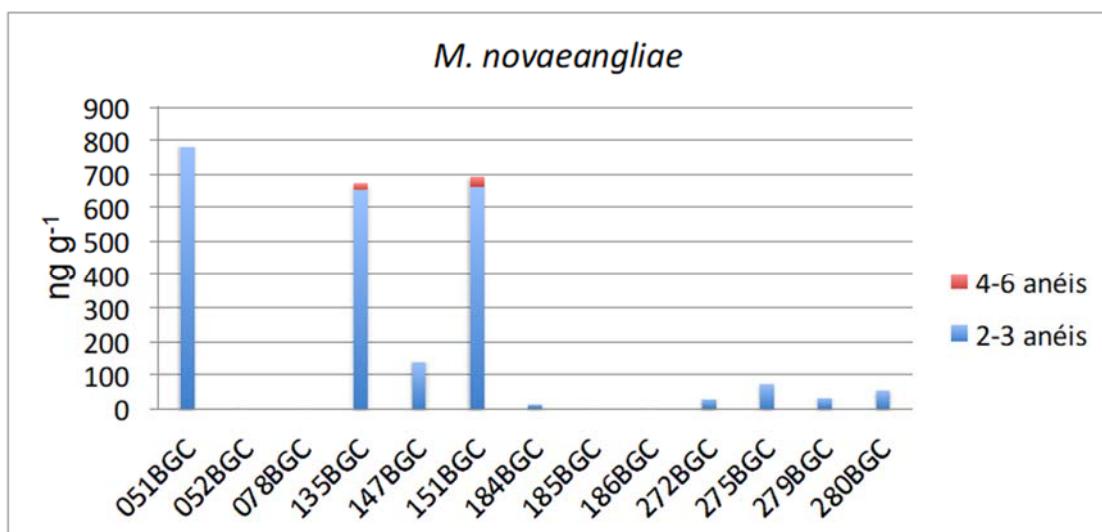
HPA pesados = 4-6 anéis aromáticos



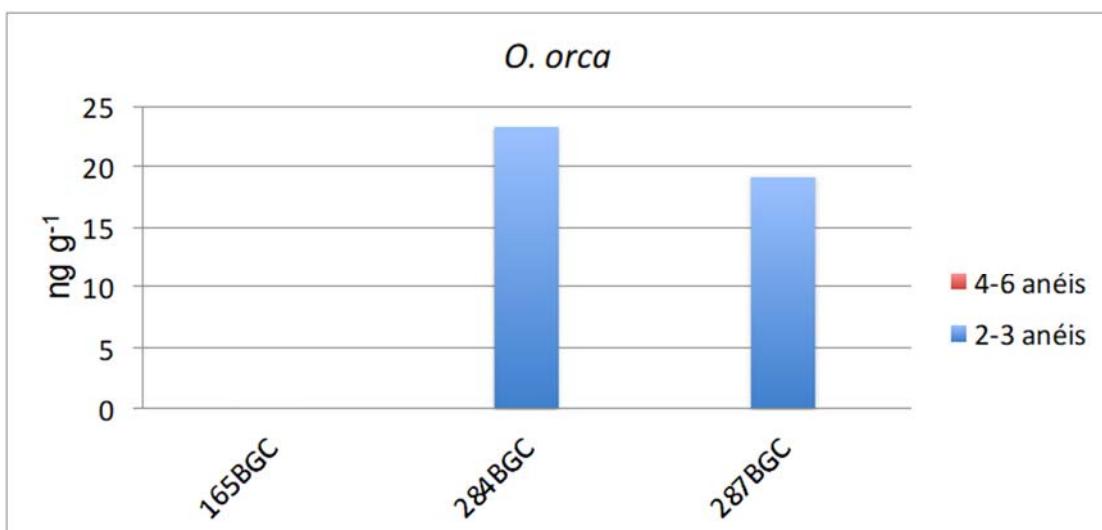
**Figura V.5-14:** Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Balaenoptera borealis* – PMC.



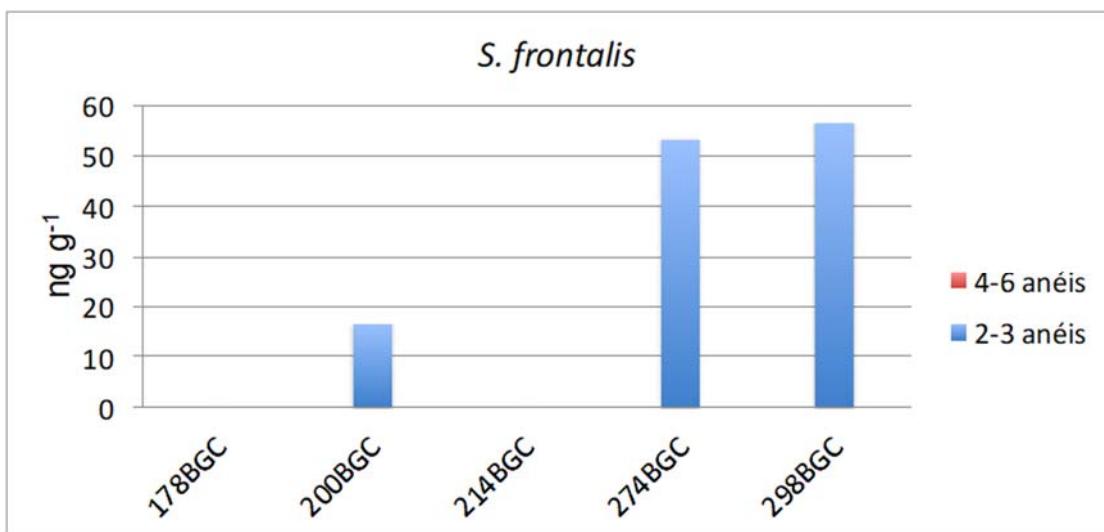
**Figura V.5-15:** Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Globicephala macrorhynchus* no PMC-BS.



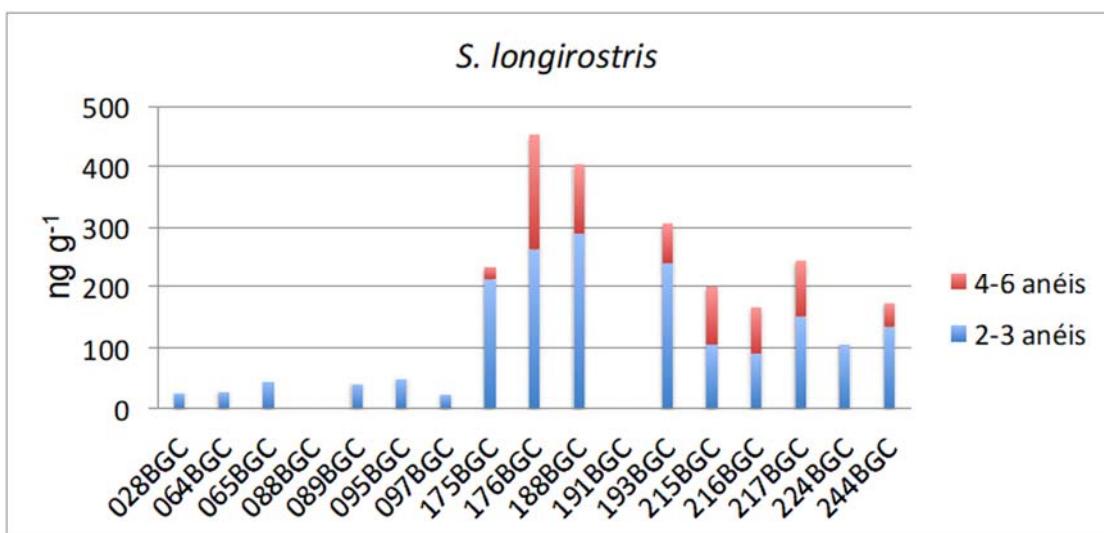
**Figura V.5-16:** Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Megaptera novaeangliae* do PMC-BS.



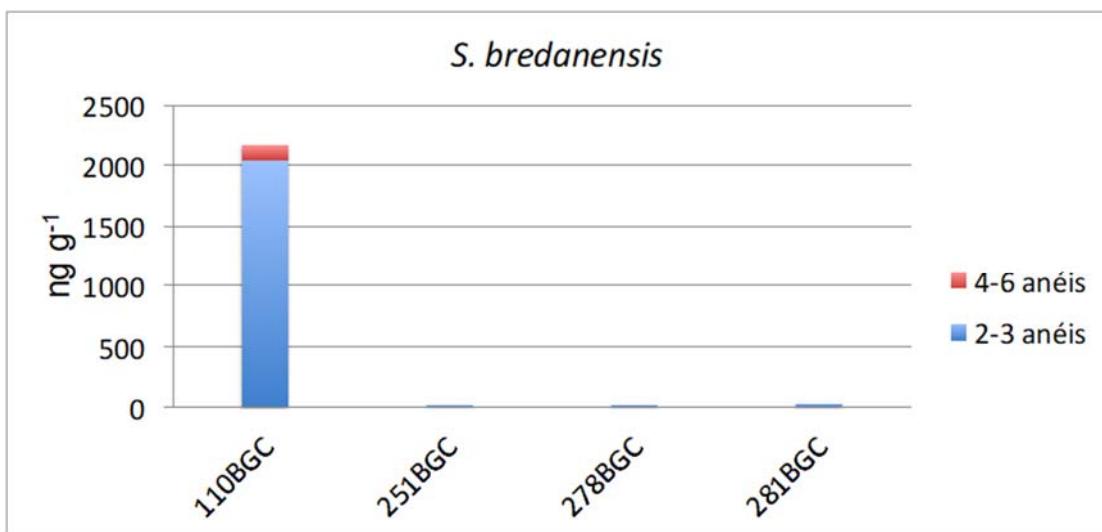
**Figura V.5-17:** Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Orcinus orca* do PMC-BS.



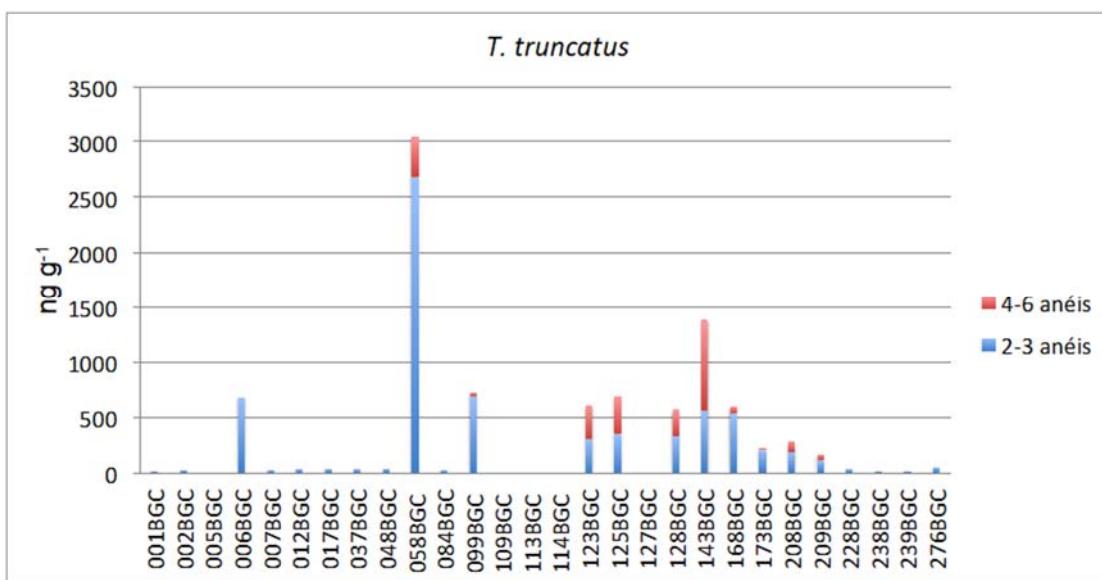
**Figura V.5-18:** Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de ***Stenella frontalis*** do PMC-BS.



**Figura V.5-19:** Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de ***Stenella longirostris*** do PMC-BS.



**Figura V.5-20:** Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *S. bredanensis* do PMC-BS.



**Figura V.5-21:** Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Tursiops truncatus* do PMC-BS.

### Poluentes Orgânicos Persistentes

São descritos a seguir os resultados das análises de bifenilas policlorados (PCB), pesticidas organoclorados (POC) e difenil éteres polibromados (PBDE) nas

espécies *Stenella longirostris*, *Tursiops truncatus*, analisadas até Setembro de 2019.

### *Stenella longirostris*

Um total de 13 amostras de tecido adiposo de *Stenella longirostris* foi analisado para determinação de POP. Foram quantificados somente HCB, DDT, mirex e PCB em concentrações respectivas de <LD a 7,9, 6,6 a 109,5, <LD a 164,5, e 12,5 a 378,3 ng g<sup>-1</sup> peso úmido. O HCB foi detectado em somente uma amostra. Os DDT foram quantificados em todas as amostras (Figura V.5-22), enquanto o mirex foi encontrado em 85% das amostras (Figura V.5-23). PCB, assim como DDT, também foram quantificados em todas as amostras (Figura V.5-24). Os DRIN, CHL, endossulfan, metoxicloro e PBDE não apresentaram concentrações acima dos respectivos LD.

A Tabela V.5-6 apresenta os intervalos das concentrações de poluentes orgânicos persistentes (POP), no tecido adiposo da *Stenella longirostris* em ng g<sup>-1</sup> peso úmido.

**Tabela V.5-6:** Intervalo das concentrações de compostos organoclorados em amostras de tecido adiposo de *Stenella longirostris* (ng g<sup>-1</sup>, peso úmido).

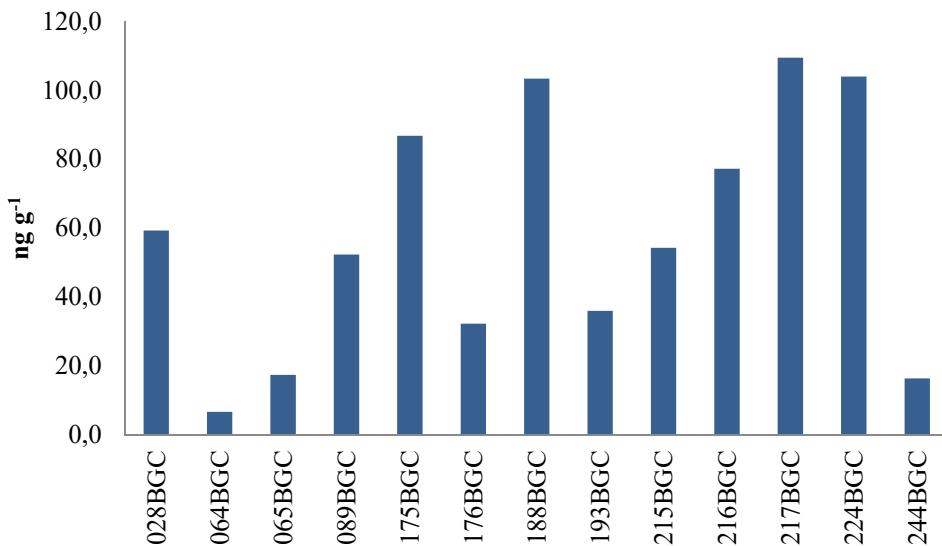
Tecido	n	HC B	HC H	DRI N	CH L	DDT	Endo-sulfan	Metoxicloro	Mirex	PC B	PBDE
<b>Hepático</b>	1 3	<LD 7,9	<LD D	<LD	<LD D	6,6- 109,5	<LD	<LD	<LD - 164,5	12,5 - 378,3	<LD

LD (ng g<sup>-1</sup>): 5,63 (HCB), 0,08 (HCH), 0,11 (Drins), 0,14 (CHL), 0,13 (DDT), (0,06) Endosulfan, 0,08 (Metoxicloro), 0,06 (Mirex), 0,08 (PCB), 0,05 (PBDE)

LQ (ng g<sup>-1</sup>) = 3,6

No presente estudo foram encontrados valores acima de 0,85 para a razão p,p'-DDE/DDT, o que, segundo Borrel & Aguilar (1987) indica ausência de aportes recentes desse contaminante para a região.

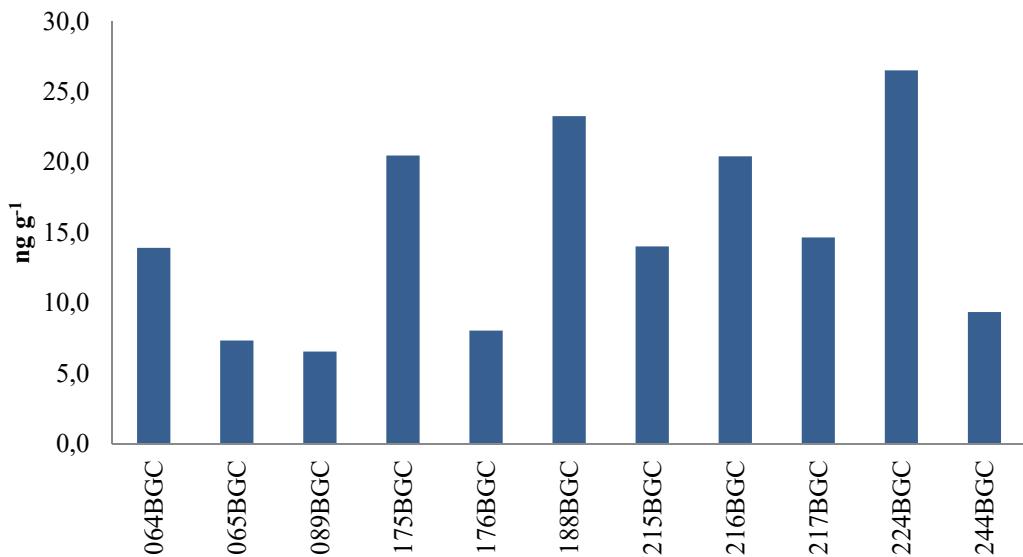
### DDT - tecido adiposo



**Figura V.5-22:** Concentração de DDT totais quantificada em tecido adiposo de *Stenella longirostris*.

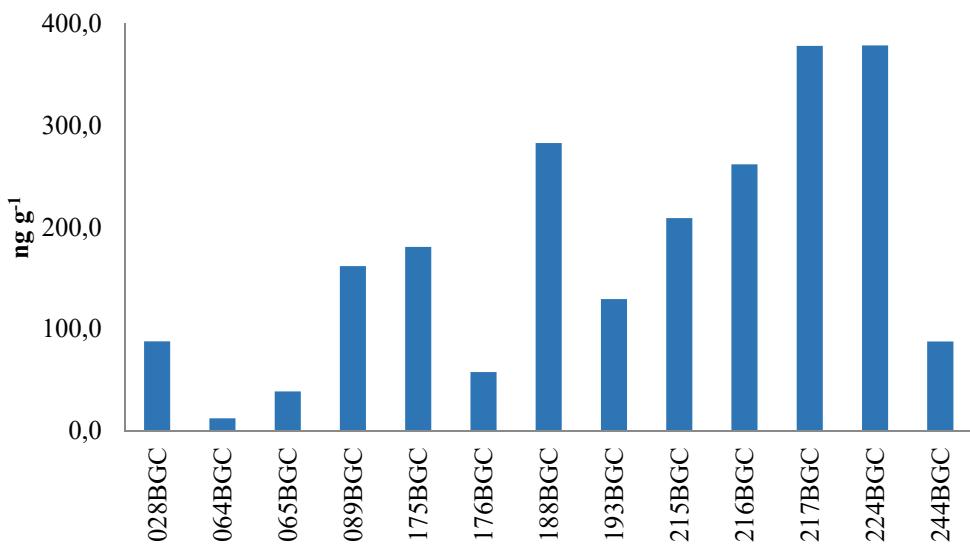
O mirex foi sintetizado pela primeira vez em 1946, mas só apareceu em formulações de agrotóxicos em 1955 e foi comercialmente disponibilizado em 1958. Foi utilizado principalmente no controle de formigas no Brasil, Argentina e Uruguai e apresenta grande estabilidade nos animais (UNEP, 2002). Nos EUA, estima-se que 75% do total tenha sido usado em aplicações não agrícolas. No Canadá, ele foi registrado apenas como retardante de fogo (FERNÍCOLA, 2002). A detecção desse composto (**Figura V.5-24**) na *Stenella longirostris* pode mostrar a influência industrial na zona de alimentação desse animal.

### Mirex - tecido adiposo



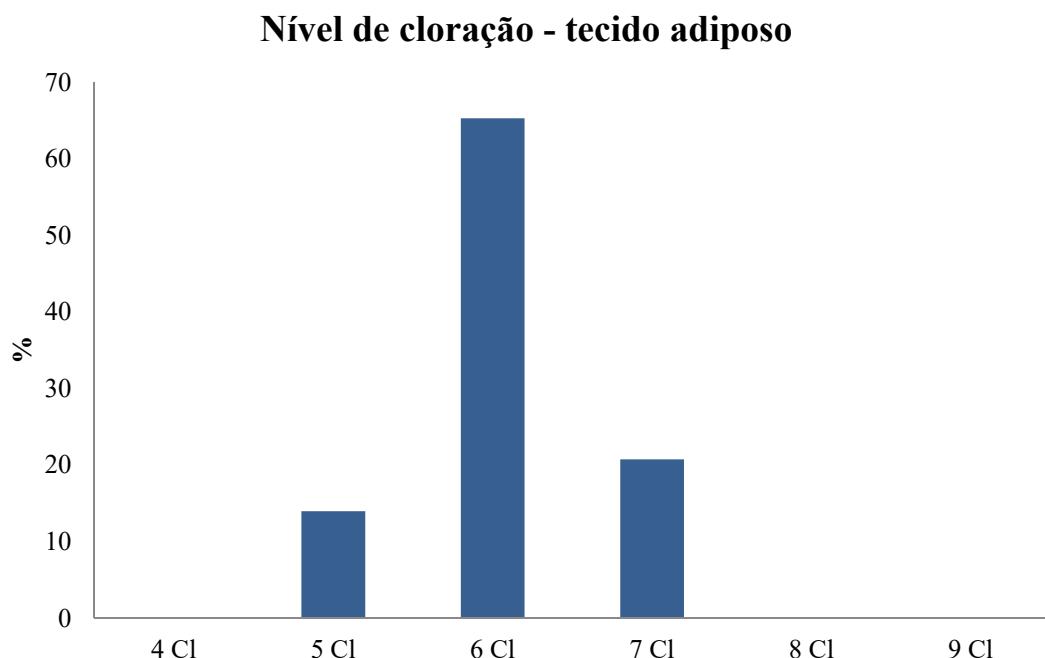
**Figura V.5-23:** Concentração de mirex quantificada em tecido adiposo de *Stenella longirostris*.

### PCB - tecido adiposo



**Figura V.5-24:** Concentração de PCB totais quantificada em tecido adiposo de *Stenella longirostris*.

Entre os PCB analisados, os congêneres predominantes foram os hexaclorados, seguido pelos heptaclorados e os pentaclorados (**Figura V.5-25**). A concentração relativa dos congêneres decresceu na seguinte ordem 153 > 138 > 180. Esse padrão de acumulação reflete as baixas taxas de metabolismo dos congêneres com 2 ou menos cloros na posição *ortho* e sem hidrogênios vicinais ou congêneres com hidrogênios vicinais nas posições *ortho* e *meta* em combinação com 2 ou 3 cloros na posição *ortho*. A alimentação da *Stenella longirostris* pode variar de acordo com o local onde o animal vive. DOLAR et al. (2003) analisaram o conteúdo estomacal dessa espécie no Mar de Sulu, próximo às Filipinas, e encontraram principalmente peixes mesopelágicos.



**Figura V.5-25:** Distribuição percentual de PCB em tecido adiposo de *Stenella longirostris*.

#### *Tursiops truncatus*

*Tursiops truncatus* está entre os mamíferos marinhos mais estudados no planeta e a espécie está classificada na IUCN como “pouco ameaçada” (IUCN, 2019). Também conhecido como golfinho-nariz-de-garrafa ou golfinho “Flipper”, é

encontrado principalmente em águas costeiras tropicais e temperadas de todo o mundo. Entretanto, há registros de indivíduos em águas pelágicas tropicais do Pacífico leste (JEFFERSON et al., 2008).

Uma amostra de tecido hepático e 16 amostras de tecido adiposo de 16 espécimes de *Tursiops truncatus* foram analisadas para POP (15 indivíduos do PMC-BS e 1 indivíduo do PMP-BS). A maior parte dos compostos halogenados estudados no tecido adiposo (HCH, DRIN, CHL, endosulfan, metoxicloro e PBDEs) apresentou concentrações abaixo do limite de detecção do método (**Tabela V.5-7**). As únicas amostras provenientes de um animal encalhado correspondiam ao tecido hepático e adiposo de uma fêmea adulta e onde nenhum composto se apresentou acima do limite de detecção.

**Tabela V.5-7:** Intervalo das concentrações de compostos organoclorados em amostras de tecido adiposo de *Tursiops truncatus* (ng g<sup>-1</sup>, peso úmido).

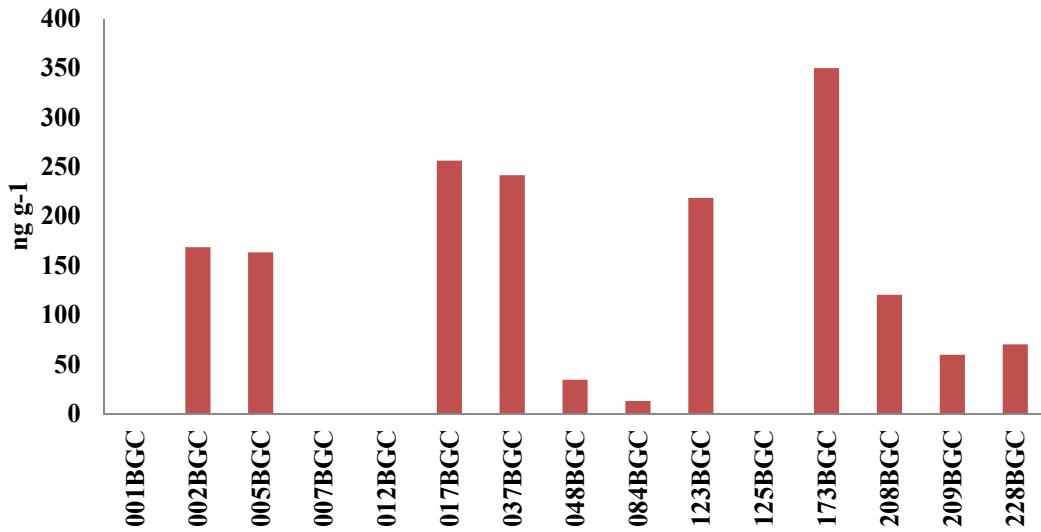
Tecido	n	HCB	HCH	DRIN	CHL	DDT	Endo-sulfan	Meto-xicloro	Mirex	PCB	PBDE
<b>Adiposo</b>	16	<LD-9,1	<LD	<LD	<LD	<LD-349,7	<LD	<LD	<LD-105,90	<LD-1680,7	<LD
<b>Hepático</b>	1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

LD (ng g<sup>-1</sup>): 0,13 (HCB), 0,08 (HCH), 0,11 (Drins), 0,14 (CHL), 0,13 (DDT), 0,06 (Endosulfan), 0,08 (Metoxicloro), 0,06 (Mirex), 0,08 (PCB), 0,05 (PBDE)

LQ (ng g<sup>-1</sup>) = 3,6

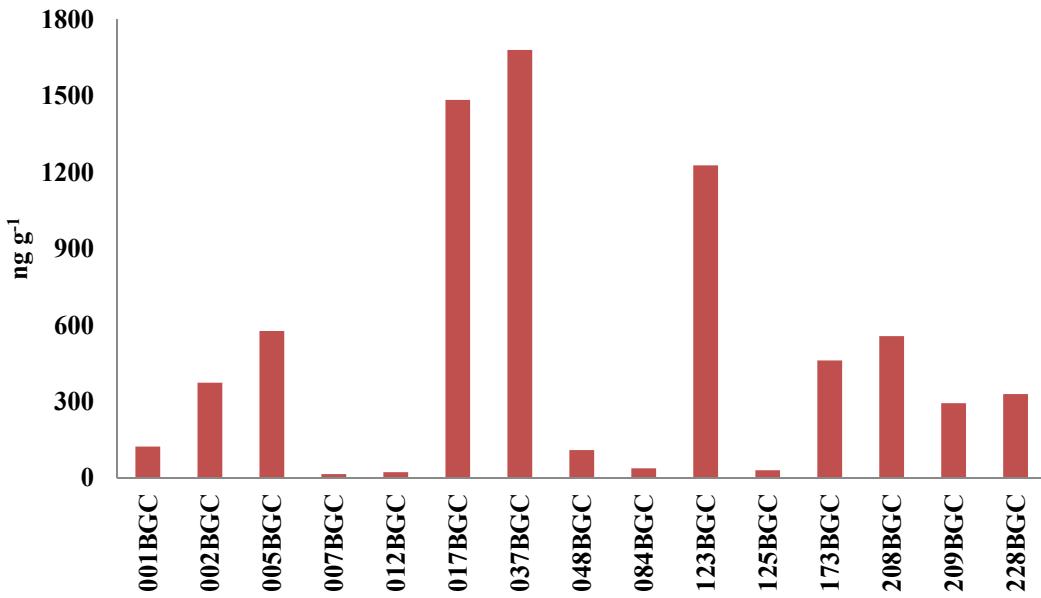
As concentrações dos POP no tecido adiposo proveniente das biópsias, em ordem crescente e em ng g<sup>-1</sup> de peso úmido foram de: <LD a 9,1 para HCB, <LD a 105,9 para mirex, <LD a 349,7 para DDT e <LD a 1680,7 para PCB. O HCB foi detectado somente em 2 amostras, enquanto que o mirex ocorreu em 6 amostras. Os DDT foram encontrados em 69% das amostras, enquanto que os PCB foram quantificados em 94% dos animais. A **Figura V.5-26** e **Figura V.5-27** mostram uma grande variação nas concentrações de DDT e PCB entre indivíduos, o que pode estar relacionado ao tamanho, idade e sexo do animal.

### DDT - tecido adiposo



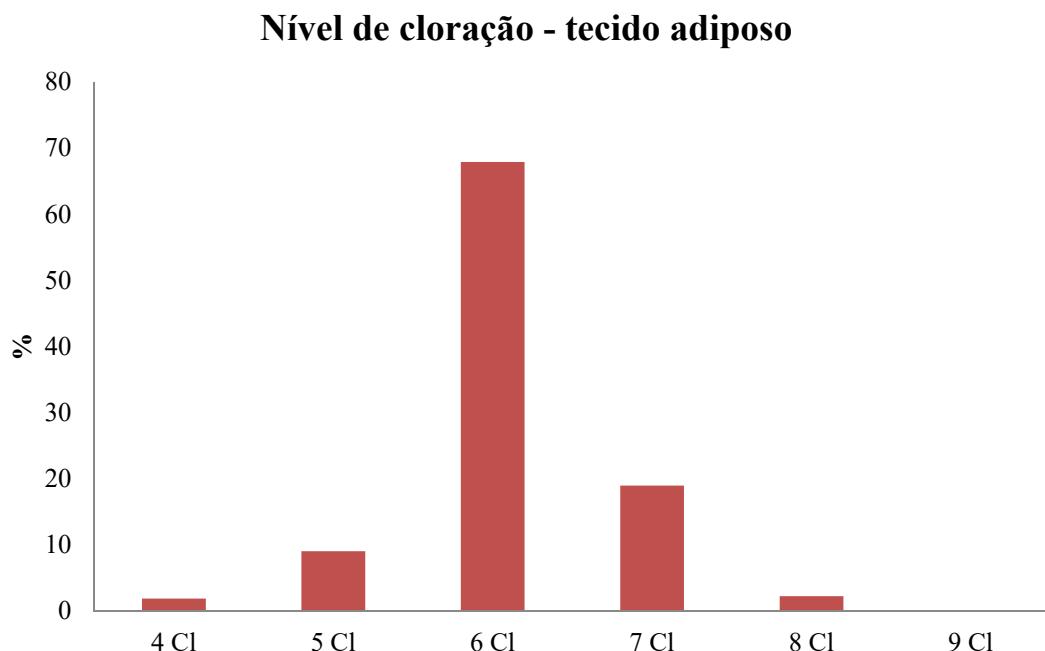
**Figura V.5-26:** Concentração de DDT totais quantificada em tecido adiposo de *Tursiops truncatus*.

### PCB - tecido adiposo



**Figura V.5-27:** Concentração de PCB totais quantificada em tecido adiposo de *Tursiops truncatus*.

Quanto à alimentação do *Tursiops truncatus*, alguns trabalhos encontrados para a região do sudeste do Brasil indicaram uma dieta baseada em cefalópodes (lulas e polvos) e peixes (SANTOS, 1999; SCHMIEGELOW, 1990). A predominância das hexaclorobifenilas, seguidas das penta e heptaclorobifenilas (**Figura V.5-28**) é relativa tanto à posição do animal na teia trófica, quanto à contaminação de suas presas por PCB.



**Figura V.5-28:** Distribuição percentual de PCB em tecido adiposo de *Tursiops truncatus*.

### Considerações sobre contaminantes

Das 88 amostras de tecido adiposo analisadas para Programa de Monitoramento de Cetáceos, foram detectados HPA em 67 amostras. A concentração média de HPA totais<sup>8</sup> foi de 224 ( $\pm 483$ ) ng g<sup>-1</sup> em peso úmido. Observou-se também a predominância de naftaleno na maioria das amostras analisadas, com destaque também para a presença de fenantreno, fluoranteno e pireno, contudo sem perfil de HPA semelhante ao encontrado no petróleo.

Em relação aos compostos organoclorados e organobromados foram analisadas 29 amostras de *Stenella longirostris* e *Tursiops truncatus*. As concentrações detectadas podem ser consideradas baixas.

### V.5.2.2 Biomarcadores Moleculares e Bioquímicos

Este item apresenta resumidamente os principais resultados da padronização de técnicas de biomarcadores bioquímicos e moleculares em amostras de epiderme de cetáceos marinhos, desenvolvidos pelo Laboratório de Biomarcadores de Contaminação Aquática e Imunoquímica (LABCAI, UFSC), sob coordenação do Prof. Dr. Afonso C.D. Bainy. Especificamente, são apresentadas: i) a realização de testes para o ensaio etoxiresorufina O-deetilase (EROD) em amostras epidérmicas de *Tursiops truncatus*, *Stenella longirostris* e *Balaenoptera brydei*; ii) a padronização da técnica de *Western blotting* para a avaliação da expressão da proteína CYP1A em epiderme de *T. truncatus*, *S. longirostris* e *B. brydei*; iii) resultados gerais da realização do transcriptoma de *S. longirostris* e *B. brydei*; iv) a definição dos parâmetros analíticos para a determinação dos níveis de transcritos dos genes alvo em tecido epitelial de *T. truncatus*; v) a identificação dos genes alvo por meio de sequenciamento de transcriptoma de amostras epidérmicas de *S. longirostris* e *B. brydei* coletadas por meio de biópsia remota pela equipe do PMC-BS.

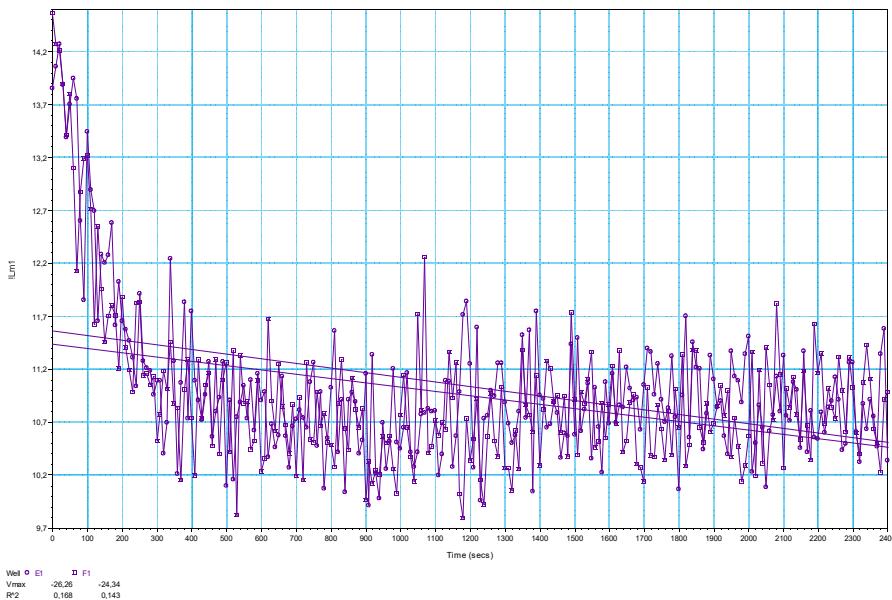
<sup>8</sup> para as amostras com concentração inferior ao LD, foi atribuído o valor de metade do limite de detecção

## Biomarcadores Moleculares

### Teste de Ensaio da Atividade Etoxiresorufina o-Deetilase (ERod)

A atividade etoxiresorufina O-deetilase (EROD) representa a atividade catalítica da proteína citocromo P450 da família 1, subfamília A (CYP1A), sendo considerada um importante biomarcador de exposição a hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) (RATTNER et al., 1993; STEGEMAN, 1993; BUCHELI; FENT, 1995). A quantificação de EROD baseia-se na conversão, na presença da coenzima NADPH, do substrato 7-etoxiresorufina no composto fluorescente resorufina, cuja fluorescência pode ser quantificada a 530/585 nm (ex/em) por espectrofluorimetria. A fluorescência é convertida em picomoles de resorufina utilizando uma curva padrão de resorufina pura quantificada nas mesmas condições do ensaio.

A partir dos testes realizados, não foi detectada atividade enzimática em tecido tegumentar de cetáceos *T. truncatus*, *S. longirostris* e *B. brydei* (**Figura V.5-29**). Dados semelhantes em tecido tegumentar de *T. truncatus* e *Orcinus orca* já foram identificados por nosso e outros grupos de pesquisa, quando foi verificada que a atividade EROD frequentemente permanece abaixo do limite de detecção do método (MILLER, 2003; RIGHETTI et al., 2019). Assim, tentativas de padronização do ensaio EROD em tecido tegumentar das espécies de cetáceos escolhidas como prioritárias, não obtiveram sucesso devido à ausência de atividade detectável.



**Figura V.5-29:** Acompanhamento da fluorescência da resorufina (RFU, eixo Y) em 530 nm de excitação e 585 nm de emissão e cutoff de 550 nm durante uma hora de reação (tempo em segundos, eixo X). As condições para o ensaio EROD foram: 2 µM do substrato 7-etoxiresorufina (7-ER) e 1 mM de NADPH, 37°C, tampão TRIS/NaCl 50mM/0,1M pH 7,4. As duas linhas são duplicatas contendo 60 µg de proteína microssomal de pele de *Balaenoptera brydei* e os demais componentes da reação. Não houve incremento na fluorescência ao longo do tempo, indicando ausência de atividade EROD nas amostras de pele de *B. brydei*. O gráfico foi plotado diretamente do espectrofluorímetro SpectraMax® M5 (Molecular Devices®).

#### Padronização da técnica de Western Blotting para a imunodetecção da proteína CYP1A em tecido tegumentar de cetáceos

A imunodetecção da proteína CYP1A, através da técnica *Western blotting*, é considerada um importante biomarcador de exposição a HPAs e outros poluentes orgânicos, sendo comumente avaliada em cetáceos marinhos (BACHMAN et al., 2015; WILSON et al., 2007). O método baseia-se na formação de um complexo antígeno-anticorpo através da ligação de anticorpos específicos em proteínas immobilizadas sobre uma membrana, cuja detecção do anticorpo ligado faz-se a partir de métodos específicos. Trata-se de uma técnica com muitas etapas, que requerem padronização para cada espécie a ser estudada.

Desta maneira, a padronização da técnica de *Western blotting* para a imunodetecção de CYP1A em pele de *T. truncatus*, *S. longirostris* e *B. brydei* foi realizada em duas etapas: i) teste com concentrações de anticorpo primário para determinação da melhor condição de imunodetecção; ii) avaliação da carga proteica ideal para quantificação das bandas imunorreativas em cada uma das espécies estudadas.

Resumidamente, o procedimento metodológico envolveu três etapas: i) homogeneização do tecido epidérmico para obtenção da fração microssomal; ii) determinação das proteínas totais na fração microssomal; iii) imunodetecção de CYP1A por *Western blotting*.

Para a obtenção da fração microssomal, aproximadamente 30 mg de amostra de epiderme de cada espécie foram homogeneizados individualmente em cinco vezes o volume de tampão de homogeneização. Após duas centrifugações refrigeradas consecutivas do sobrenadante, a 9.000 xg por 30 minutos e 100.000 xg por 60 minutos, os microssomas foram obtidos para imunodetecção de CYP1A. As proteínas totais nas frações microssomais das amostras foram determinadas utilizando o método de Bradford adaptado para microplacas (Bradford, 1976).

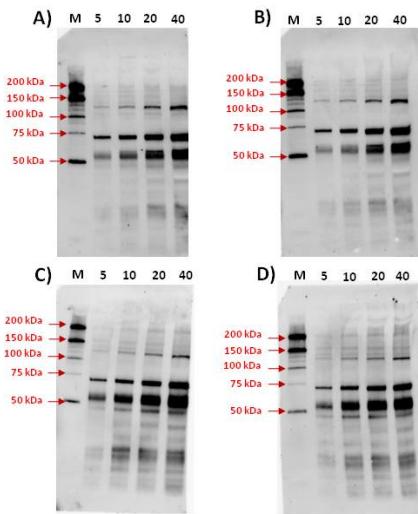
A imunodetecção de CYP1A por *Western blotting* foi realizada usando o sistema V3 *Western Workflow*™ com o fotodocumentador de membranas *ChemiDoc*™ MP (Bio-Rad). De forma resumida, o procedimento da técnica de *Western blotting* pode ser dividido em quatro etapas: i) separação de proteínas através de eletroforese desnaturante em gel de poliacrilamida (*SDS-PAGE*); ii) transferência das proteínas para uma membrana de nitrocelulose (*blotting*); iii) incubação da membrana com os anticorpos primário e secundário (imunodetecção); e iv) revelação e fotodocumentação da membrana, evidenciando a proteína de interesse, no caso, a proteína CYP1A.

Para determinar a concentração ideal de anticorpo primário de cabra anti-CYP1A de camundongo (código ab126887, marca ABCAM), foram testadas as concentrações de 0,15 e 0,0015 µg/mL de anticorpo primário para amostras de *T. truncatus*; 0,3 e 0,15 µg/mL para *B. brydei*; e 0,15; 0,015; 0,0075 e 0,0015 µg/mL

para *S. longirostris* (Figura V.5-30). Para todas as espécies foi utilizado 0,1 µg/mL de anticorpo secundário anti-cabra.

Considerando que o peso molecular esperado para CYP1A é em torno de 55 kDa, foram consideradas bandas referentes à CYP1A em *T. truncatus*, *S. longirostris* e *B. brydei*, aquelas detectadas com peso entre 50 e 55 kDa, respectivamente, conforme apresentado na Figura V.5-30.

Um vez definida a concentração ideal de anticorpo primário, novos testes foram realizados para a determinação da carga proteica ótima. Visando uma ampla faixa de quantificação de CYP1A e a obtenção de uma banda bem definida para cada uma das espécies estudadas, optou-se pelas concentrações de 10 µg de proteínas em amostras de *T. truncatus*, de 10 µg de proteínas em *S. longirostris*, e de 10 µg de proteínas nos futuros ensaios com amostras epidérmicas de *B. brydei*.



**Figura V.5-30:** Exemplo de revelação com reagentes quimioluminescentes (Clarity Max®) de membranas de *Stenella longirostris* incubadas com concentrações decrescentes de anticorpo primário cabra anti-camundongo CYP1A (ab126887, ABCAM): A. 0,15 µg/mL; B. 0,015 µg/mL; C. 0,0075 µg/mL e D. 0,0015 µg/mL, e incubadas com 0,1 µg/mL de anticorpo secundário de burro anti-cabra, conjugado à enzima peroxidase (ABCAM). M (marcador de peso molecular); 5-40 µg representam cargas crescentes de proteínas microssomais de biópsias da epiderme de *S. longirostris*. A membrana A apresentou menos bandas inespecíficas em relação às membranas C e D. Em todas as membranas é possível observar duas bandas intensas em 70,8 e 55 kDa. A banda de 55 kDa é o peso esperado para CYP1A.

Desta forma, as condições ótimas para imunodetecção de CYP1A, em epiderme de *T. truncatus*, *S. longirostris* e *B. brydei* são:

- 1) Utilização do sistema de *Western blotting*: V3 *Western Workflow™* com o fotodocumentador *ChemiDoc™ MP* (Bio-Rad).
- 2) Carga proteica por amostra: 10 µg de proteínas microsomais em *T. truncatus*; 10 µg em *S. longirostris*; e 10 µg em *B. brydei*.
- 3) Concentração de anticorpo primário de cabra anti-CYP1A (ab126887, ABCAM): 0,15 µg/mL para *T. truncatus* e *S. longirostris*, e 0,3 µg/mL para *B. brydei*.
- 4) Concentração de anticorpo secundário anti-cabra: 0,1 µg/mL.
- 5) Revelação por quimiluminescência: reagente *Clarity Max®* (Bio-Rad).

### ***Biomarcadores Moleculares***

As atividades de padronização e análise de biomarcadores moleculares em tecido tegumentar de cetáceos descritas neste relatório compreendem: i) o desenho e teste de especificidade de iniciadores para os genes *receptor de hidrocarbonetos de arila (AhR)*, *citocromo P450, família 1, subfamília A (CYP1A)*, *fator de transcrição (E2F1)*, *receptor de estrogênio alfa (ESR1)*, *gliceraldeído 3-fosfato desidrogenase (GAPDH)*, *proteína de choque térmico 70 kDa (HSPA1)*, *UDP glucuronosiltransferase (UGT1A)*, *proteína ribossomal L4 (RPL4)* e *proteína ribossomal S18 (RPS18)* de *T. truncatus*; ii) sequenciamento, montagem e anotação funcional de transcriptoma de epiderme de *S. longirostris* e *B. brydei* para a identificação dos genes alvo nestas espécies.

### ***Padronização das Condições de Análises de Biomarcadores Moleculares em *Tursiops Truncatus****

Para avaliar a especificidade dos iniciadores desenhados foram realizadas reações de PCR quantitativa (qPCR) com curvas padrões de cDNA. Para tal, o RNA total extraído foi tratado com DNase e submetido à reação de transcrição reversa para obtenção do DNA complementar (cDNA) com o uso do kit *Quantitect Reverse Transcription®* (Qiagen). A concentração e qualidade do RNA e cDNA obtidos foram avaliadas espectrofotometricamente com o equipamento *NanoDrop™ 1000*

(Thermo Scientific). Todas as reações de PCR quantitativo (qPCR) foram realizadas com o kit *QuantiFast SYBR® Green PCR* (Qiagen) no termociclador Rotor Gene® (Qiagen).

Todos os genes foram amplificados com sucesso, com 95 a 105% de eficiência, apresentaram um único pico na curva de dissociação, e uma banda no gel de agarose, indicando a presença de um único produto de qPCR (**Figura V.5-31**). A **Tabela V.5-8** mostra os iniciadores válidos para análise de transcrição gênica em *T. truncatus*.

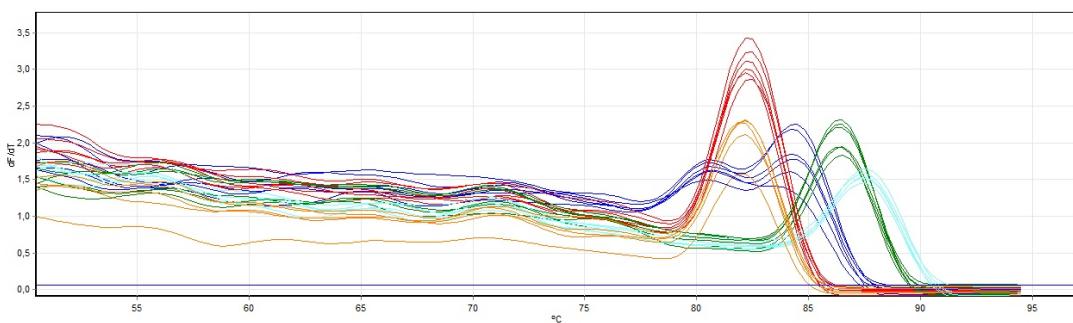
**Tabela V.5-8:** Sequências de iniciadores selecionadas para amplificação dos genes por reação de qPCR. Receptor de hidrocarbonetos de arila (AhR), citocromo P450 1A (CYP1A), E2F fator de transcrição (E2F1), receptor de estrogênio alfa (ESR1), gliceraldeído 3-fosfato desidrogenase (GAPDH), proteína de choque térmico 70 kDa (HSPA1), proteína ribossomal L4 (RPL4), proteína ribossomal S18 (RPS18), e UDP glucuronosiltransferase 1A (UGT1A) de *Tursiops truncatus*.

Espécie	Gene de interesse	Iniciadores	Tm* (°C)	%GC**
<i>Tursiops truncatus</i>	Receptor de hidrocarbonetos de arila – AhR	F: ACAGCAGCATCAGAAGCACAGA R: AAGGCACGGATTGGTTGAGTT	59 59,3	50 50
	Citocromo P450 1A – CYP1A	F: ACGCTATGACCATGAGAGCCAAGA	59,7	50
		R: GCAGGTAACGGAGGGATAGGGATGAA	59,6	52
	E2F Fator de transcrição – E2F1	F: CGCCAAGAAGTCCAAGAACACATC	60	52
		R: CTGTCAGCATCCTCGGAAAGCAG	60	56,6
	Receptor e estrogênio alfa – ESR1	F: TTGAGGGCATGGTGGAGATCTTG	59,2	50
		R: ACTTCAGGGTGCTGGACAGAAATG	59,3	50
	Gliceraldeído 3-fosfato desidrogenase – GAPDH	F: CCCAGAACATCATCCCTGCTTCC	59,5	56,5
		R: GACGCTTGCTTCACCACCTTCTT	59,6	52,2
	Proteína de choque térmico 70 kDa – HSPA1	F: AGCACAAAGAAGGACATCAGCCAGAAC	61	50
		R: GCCCTGGTGATGGACGTGTAGAA	60,9	56,5
	Proteína ribossomal L4 – RPL4	F: GCGAATGAGAGCTGGCAAAGG	59	57
		R: AGTCCAAATGCAGAAACGTCCA	58,8	47,8
	Proteína ribossomal S18 – RPS18	F: TCCGTGAAGACCTGGAGCGA	59,3	60
		R: CTTGGTGTGCTGGCCTCGTA	59,6	60
	UDP glucuronosiltransferase – UGT1A	F: TCCGATGGTGATGATGCCCTGTT	60,7	50
		R: GCGGTCTTGTGAAGGCTAGAGA	60,6	56,5

\*TM: Temperatura de dissociação, do inglês *melting temperature*.

\*\*Porcentagem do conteúdo de bases guanina (G) e citosina (C).

F: iniciador forward. R: iniciador reverse.



**Figura V.5-31:** Curva de dissociação dos genes AHR primer A (Vermelho), AHR primer B (Azul), E2F (Verde), HSP (Azul claro), UDPGT (Laranja) em pele de *Tursiops truncatus*. Eixo X (temperatura); Eixo Y (derivada negativa da fluorescência em função da temperatura,  $-dF/dT$ ). O ponto máximo de cada linha representa a temperatura de dissociação do produto. A presença de mais de um pico sugere a presença de mais de um produto.

### Transcriptoma de Cetáceos Marinhos

O RNA de amostras tegumentares de *B. brydei* e *S. longirostris* foram extraídas com o kit *RNeasy Fibrous Tissue Mini* (Qiagen). O procedimento foi realizado para cada espécime individualmente. A concentração e pureza do RNA extraído de todas as amostras foram avaliadas espectrofotometricamente com o equipamento NanoDrop™ 1000 (Thermo Scientific). Adicionalmente, para a avaliação da qualidade do RNA, foi confeccionado um gel de agarose 1,2%, desnaturante para RNA, de acordo com o Apêndice C do manual do kit *Omniscript Reverse Transcription* (Qiagen). O RNA extraído apresentou qualidade satisfatória para fins de sequenciamento e foi encaminhado para o Centro de Genômico Funcional da ESALQ/USP, responsável pelo sequenciamento dos transcriptomas.

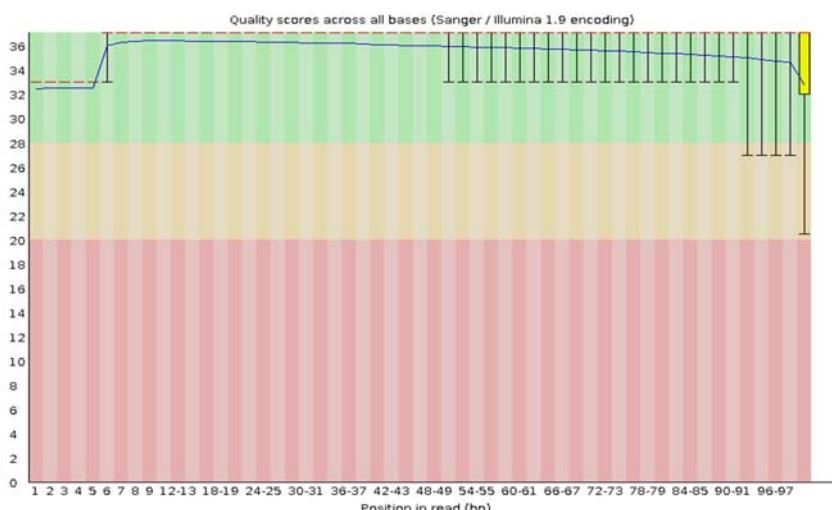
### Sequenciamento e Análise de Qualidade (Qc)

O sequenciamento paired-end na plataforma Illumina Hiseq 2500 foi realizado com sucesso. O número de leituras obtidas por espécie está descrito na **Tabela V.5-9**. As leituras foram avaliadas quanto a qualidade através do programa FASTQC (Andrews, 2010). O programa trimmomatic (Bolger et al., 2014) foi utilizado para eliminar posições nas leituras de baixa qualidade (nota Phred < 30). O resultado da filtragem está disponível na **Tabela V.5-9**, e nas **Figura V.5-32** e **Figura V.5-33**.

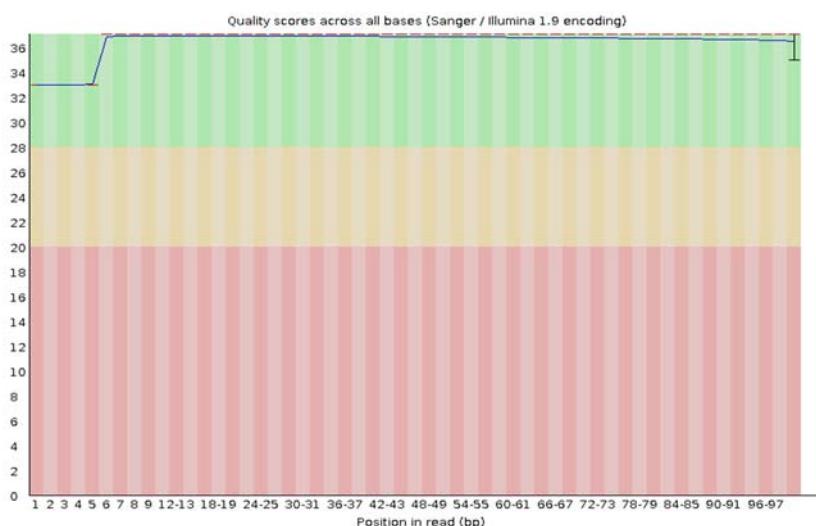
**Tabela V.5-9:** Dados referentes ao sequenciamento bruto e após limpeza das leituras. As leituras paired-end estão compiladas em um único conjunto de dados.

	<i>B. brydei</i>	<i>S. longirostris</i>
Total de leituras sequenciadas	105.458.284	129.692.922
Total de leituras pós-filtro	74.398.380	90.601.428
% de leituras de alta qualidade	70,54%	69,86%

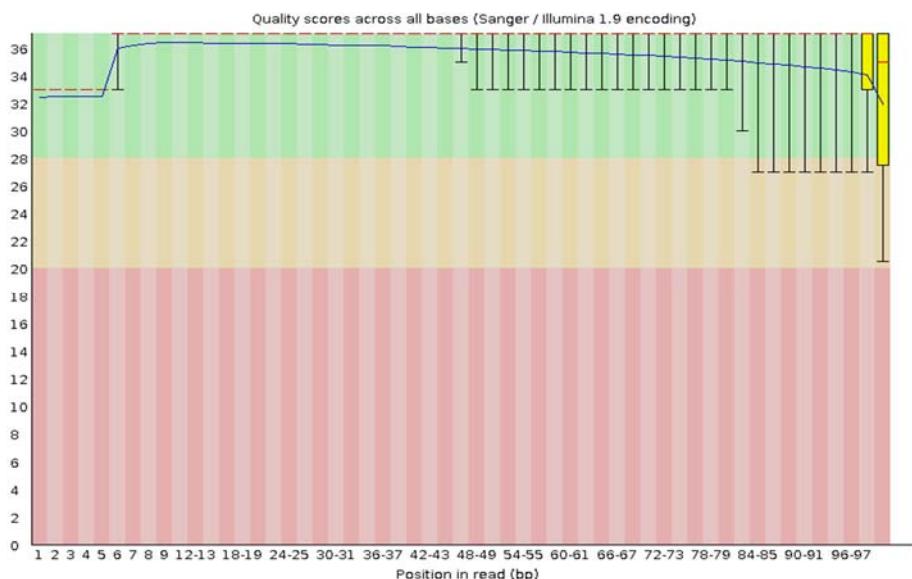
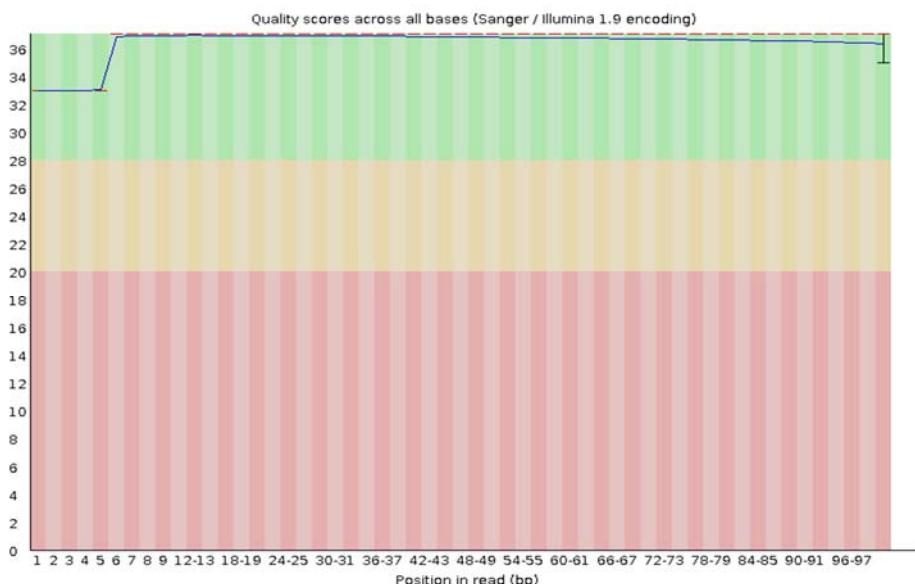
A)



B)



**Figura V.5-32:** Análise da qualidade das leituras brutas (A) e pós filtragem (B) de *Balaenoptera brydei* pelo programa FASTQC. Eixo Y representa a nota Phred média e o eixo X a posição das leituras.

**A)**

**B)**


**Figura V.5-33:** Análise da qualidade das leituras brutas (A) e pós filtragem (B) de *Stenella longirostris* pelo programa FASTQC. Eixo Y representa a nota Phred média e o eixo X a posição das leituras.

### Montagem de Novo

As montagens *de novo* foram obtidas utilizando o programa Trinity RNA-seq (HAAS et al., 2013), com parâmetros ajustados para os tipos de leituras (*paired-end* e *stranded RF*). Foram utilizadas apenas leituras de alta qualidade (filtradas no passo anterior) para este procedimento. O tamanho de k-mer foi mantido padrão para a metodologia, em 25. As leituras foram normalizadas para posições com cobertura superior a 50, para melhoria de performance, sem prejuízo em relação aos resultados. As janelas abertas de leitura (*open reading frames* ou ORF) foram obtidas através do programa TransDecoder (incluso no Trinity RNA-seq). As métricas das montagens foram acessadas por um *script* fornecido em conjunto com o pacote Trinity RNA-seq. Os valores de contig N50 foram considerados excelentes e desta forma os transcritos foram preparados para a etapa seguinte de anotação funcional. Um resumo dos dados referentes às montagens *de novo* é apresentado na **Tabela V.5-10**.

**Tabela V.5-10:** Métricas das montagens dos transcriptomas obtidas pelo programa Trinity RNA-seq.

	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>Stenella longirostris</i>
Total de “genes”	148.170	149.404
Total de transcritos	203.816	196.076
Total de ORFs / % dos transcritos com ORFs	185.918 / 91,22%	171.740 / 87,59%
Total de ORFs completas / % de completas	114.245 / 61,45%	107.717 / 62,72%
Porcentagem de GC	49,52	49,74
Tamanho do contig N50	2.421	2.492
Mediana do tamanho de contig	409	391
Tamanho médio de contig	1.035,06	1.022,09
Total de bases na montagem	210.960.966	200.407.479

### Anotação Funcional

Os conjuntos de transcritos foram anotados funcionalmente utilizando o pacote Trinotate (BRYANT et al., 2017). Nesta metodologia, os transcritos são anotados em diversas bases de dados como SwissProt (BAIROCH; APWEILER, 2000) e PFAM (BATEMAN et al., 2004). Estes resultados foram obtidos através de comparações entre os transcritos e os bancos de dados, e os programas que possibilitaram essas inferências foram o BLAST+ (CAMACHO et al., 2009), com uma estringência de *e-value* de 1e-3, e hmmer (FINN et al., 2011). Todos resultados foram armazenados em estrutura de banco de dados relacional formato SQL. Desta forma, através de referenciamento cruzado entre outros bancos, como Gene Ontology (ASHBURNER et al., 2000), o banco SQL foi complementado com informações funcionais extras sobre os transcritos. Um resumo da anotação funcional é apresentado na **Tabela V.5-11**.

Os genes alvo de interesse como biomarcadores moleculares em ambas espécies prioritárias dentro do programa PMC-BS foram encontrados com sucesso nos bancos SQL relacionais, a saber: *Cytochrome P450 1A*, *Estrogen receptor*, *Aryl hydrocarbon receptor*, *Heat shock protein*, *UDP-glucuronosyltransferase*, *Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase*, *Transcription factor E2F* e *Elongation factor*. Os iniciadores já foram sintetizados e serão atestados até novembro de 2019 (**Tabela V.5-12** e **Tabela V.5-13**).

**Tabela V.5-11:** Dados sobre a anotação funcional realizada nos transcriptomas de ambas espécies.

	<i>B. brydei</i>	<i>S. longirostris</i>
Hits do blastx - Swissprot / % transcritos anotados	120.009 / 58,89%	106.504 / 54,31%
Hits do blastp - Swissprot / % ORFs anotadas	80.440 / 43,26%	69.933 / 40,72%
Hits do hmmer - PFAM / % de ORFs com domínios	67.979 / 36,56%	60.593 / 35,28%

**Tabela V.5-12:** Sequências de iniciadores selecionadas para amplificação dos genes por reação de qPCR. Receptor de hidrocarbonetos de arila (AhR), Citocromo P450 1A (CYP1A), E2F Fator de transcrição (E2F1), Fator de alongamento (EEF2), Receptor de estrogênio beta (ESR2), Proteína de choque térmico 70 kDa (HSPA1), UDP glucuronosiltransferase (UDPGT) de *Stenella longirostris*.

Espécie	Gene alvo	Iniciadores	Tm* (°C)	%GC**
<i>Stenella longirostris</i>	Receptor de hidrocarbonetos de arila - AhR	F: ACAGCAGCATCAGAAGCACAGAG R: AAAGGCACGGATTGGTCGAGTTC	59.2 59.5	52 50
	Citocromo P450 1A – CYP1A	F: GCTGAAGGGACCGAACGTAAACAAAG R: TGCTGGAGCAAGGTGGACAG	59.7 59.6	52 60
	E2F Fator de transcrição - E2F1	F: CGGAGGCTGGACTTGGAAACTG R: TCAGCGATGTTCATAGCGTGACTTCTC	59.9 60	59 46
	Fator de alongamento - EEF2	F: AAGTGGTTGGTGGTATCTACGGTGTG R: AAAGGACTCATTGACAGGCAGGTAGG	60.1 60	50 50
	Receptor de estrogênio beta - ESR2	F: TCGGAAGTGCTATGAAGTCGGAATGG R: TTTCTTGGCTTGCTCAGGCAGTG	60.1 60	50 50
	Proteína de choque térmico 70 kDa - HSPA1	F: CGTCGATGGTGCTGACCAAGATG R: CGCTGCGAGTCGTTGAAGTAGG	59.8 59.8	56.5 59.1
	UDP glucuronosiltransferase - UDPGT	F: CCGATGGTGATGATGCCCTTGT R: CTCATTCCAGGATGTCCAAGGTTACTCC	60.2 60	52 48

**Tabela V.5-13:** Sequências de iniciadores selecionadas para amplificação dos genes por reação de qPCR. Receptor de hidrocarbonetos de arila (AhR), Citocromo P450 1A (CYP1A), E2F Fator de transcrição (E2F1), Fator de alongamento (EEF2), Receptor de estrogênio alfa (ESR1), Proteína de choque térmico 70 kDa (HSP1A), UDP glucuronosiltransferase (UDPGT) de *Balaenoptera brydei*.

Espécie	Gene alvo	Iniciadores	Tm* (°C)	%GC**
<i>Balaenoptera brydei</i>	Receptor de hidrocarbonetos de arila - AhR	F: TGGACAGAACAGGAAAGGGAAGGATG R: ATTCAGTATGGACGGTGGCTGGAG	60 60	50 50
	Citocromo P450 1A – CYP1A	F: GCCCTACTTGGAGGCGTTCATTC	60	57
		R: CCATTCAAGACTTGTGTCTTGTGGTACTG	60	47
	E2F Fator de transcrição - E2F1	F: CGGAGGCTGGACTTGGAAACTG	60	59
		R: TCAGCGATGTTCATAGCGTGACTTCTC	60	46
	Fator de alongamento - EEF2	F: ACCTGAAGCCAATCCAGAGGACAATCC	62	52
		R: CGAAGGTGGTGATGGTGCCTGTC	62	61
	Receptor de estrogênio alfa - ESR1	F: CCCAGCTCCTCCTCATCCTCTC	60	64
		R: AGCATCTCCAGCAGCAGGTCTAG	60	54
	Proteína de choque térmico 70 kDa - HSP1A	F: CAAGATCACCACCAACGACAAGG	59	50
		R: CGTTCTGGCAGACACCCTCTC	60	59
	UDP glucuronosiltransferase - UDPGT	F: CCACAGAATGATCTTCTAGCTCACCTAAG	59.3	46
		R: GCGTTGTCCATCTGGTCTCCAAATAAG	59.3	46

#### Conclusões sobre biomarcadores

- Ao longo do ano de 2019 foram padronizadas as condições de quantificação da proteína CYP1A em tecido tegumentar de *T. truncatus*, *B. brydei* e *S. longirostris*.
- Não foi detectada atividade etoxiresorufina O-deetilase (EROD) em tecido tegumentar de cetáceos *T. truncatus*, *S. longirostris* e *B. brydei*.
- Foi realizado com sucesso o sequenciamento do transcriptoma de *B. brydei* e *S. longirostris*.

- Foram identificados os genes alvo de interesse para serem testados como biomarcadores moleculares nas espécies definidas como prioritárias dentro do Programa PMP/PMC-BS.
- Os iniciadores para a quantificação da transcrição destes genes nas espécies alvo já foi desenhado e estão sendo testados até o final de novembro de 2019.

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### VI.1 Avanços obtidos em relação aos anos anteriores

Inicialmente, cabe ressaltar o crescimento do esforço amostral com a adição de dois novos ciclos semestrais ou um ano de coleta de dados, descritos no item **IV. Esforço e tamanho amostral por área temática**. Este aumento do esforço, em progressão aritmética, se reflete no crescimento quantitativo e qualitativo da amostra, permitindo inferências para diferentes espécies nos diversos temas abordados no presente relatório. Também houve avanços substantivos nos métodos analíticos, que permitiram extrair mais e melhores informações dos dados coletados.

Em relação ao Relatório Anual 3 (PETROBRAS, 2018), destaca-se neste documento a inclusão de dois novos itens, um com registros de cetáceos nas Unidades de Conservação marinhas da Bacia de Santos, solicitado na ALA nº 02/2019 emitida pelo ICMBio para o projeto ETAPA 3 do Pré-Sal, e outro com um resumo da produção acadêmica nos quatro anos do PMC-BS. Neste relatório também foi aprofundada a discussão sobre interferências antropogênicas, sobretudo relativas à geração de ruídos.

Por área temática, os principais avanços do presente relatório em relação ao Relatório Anual 3 estão descritos abaixo:

- *Avistagem Embarcada*: em relação à comunidade de cetáceos, houve registro em Campanhas de Avistagem Embarcada de duas espécies novas para o PMC-BS: a baleia-bicuda-de-Cuvier (*Ziphius cavirostris*) e o cachalote-anão (*Kogia sima*). Isto elevou o número de espécies registradas pelo PMC-BS na Bacia de Santos de 25 para 27 espécies.

Em relação às estimativas de densidade e abundância, foi possível realizar estimativas inéditas no Brasil para mais um táxon, a subespécie oceânica do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus truncatus*), além das duas espécies analisadas anteriormente (golfinho-pintado-do-Atlântico, *Stenella frontalis*, e baleia-jubarte, *Megaptera novaeangliae*). As estimativas para delfinídeos em geral

permitiram identificar um claro padrão sazonal entre verão/outono e inverno/primavera, com maior abundância de delfinídeos nas estações quentes. Para a modelagem de habitat, destacamos a inclusão de novas variáveis explanatórias, como a distância da costa. O conjunto de variáveis ambientais e antrópicas analisado, em comparação ao relatório anual do ano 3 e ano 4, aumentou de 19 para 22 variáveis, incluindo a distância da costa, variabilidade na velocidade das correntes e salinidade mínima.

- *Monitoramento Acústico Passivo*: é notável uma consolidação da descrição dos assóvios com o aumento da amostra para diversas espécies, totalizando 2.376 assóvios de 11 espécies. Para a classificação dos assóvios, foi usada uma nova abordagem analítica denominada “Florestas Aleatórias”, baseada no método de árvores de Classificação. Os métodos de classificação utilizados têm melhorado a taxa de acerto na identificação das espécies de delfinídeos, chegando a uma taxa geral de quase 70% de acerto. Para algumas espécies, como o golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*), a taxa de acerto dos melhores classificadores chega a 90%.

Foram obtidos avanços na descrição dos cliques, que desempenham importante função na vida dos cetáceos, incluindo uma análise multivariada que lança as bases para classificadores de espécies baseados em características quantitativas, a exemplo do que vem sendo feito com os assóvios.

- *Avistagem Aérea*: o principal avanço nesta área temática foi a padronização dos métodos analíticos com as Campanhas de Avistagem Embarcada, permitindo a comparação das estimativas de densidade e abundância obtidas por estas duas plataformas de pesquisa. Até o Relatório Anual 3 foi utilizada uma abordagem de estatística Bayesiana para a estimação dos parâmetros demográficos. A partir do presente relatório passa a ser utilizada uma abordagem frequentista (com estimativa dos parâmetros por máxima verossimilhança).

- *Telemetria*: o número de espécies marcadas com algum tipo de transmissor satelital ou digital/arquivais aumentou de 10 espécies no relatório anterior para 13 espécies neste relatório, e o número de indivíduos passou de 31 para 45. Avanços também foram realizados na parte analítica, com a utilização de modelos estado-espacos para a análise de padrões de movimentação para duas espécies, o

golfinho-nariz-de-garrafa (*T. t. truncatus*) e a orca (*O. orca*). Também avançou-se nas análises, descrevendo variações nictemerais nos padrões de mergulho das espécies. Informações sobre a rota migratória dos misticetos na região da Bacia de Santos foram incrementadas para duas espécies: a baleia-sei (*B. borealis*) e a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*).

- *Foto-identificação*: houve um incremento no número de indivíduos identificados nos catálogos de diversas espécies, passando de 24 espécies e 885 indivíduos identificados (PETROBRAS, 2018) para 26 espécies e 1.670 indivíduos identificados no presente relatório. A única espécie sem registro de foto-identificação é a baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*), por conta do baixo número de registros e pelo fato desta espécie possuir calosidades que devem ser fotografadas de cima (por sobrevoo) para foto-identificação. Os resultados foram mais marcantes quando consideramos as reavistagens, com incremento de 9 para 12 espécies reavistadas e de 52 para 127 recapturas individuais, permitindo discussões sobre padrões de uso do espaço e movimento, feitas de forma integrada com dados de telemetria.

- *Genética*: o aumento das amostras de genética permitiu aumentar o número de espécies avaliadas tanto para a diversidade genética (mitocondrial e nuclear), de 13 para 14 espécies; quanto para a proporção sexual, de 7 para 9 espécies avaliadas. Em relação à estrutura populacional, mais uma espécie (baleia-sei) foi analisada no presente relatório, além das duas espécies avaliadas anteriormente. Além disso, as análises de estrutura populacional ficaram mais robustas para o golfinho-pintado-do-Atlântico e para o golfinho-nariz-de-garrafa com o aumento do número amostral.

## **VI.2 Avaliação Crítica dos Resultados orientada para os objetivos**

Discutiremos criticamente abaixo a consecução de cada objetivo do PMC-BS nestes quatro anos de projeto. Também comentamos sobre perspectivas futuras de aprofundamento das informações sobre cada questão e sobre a capacidade dos diferentes métodos e abordagens utilizados pelo projeto de contribuir para alcançar os objetivos:

*- Ampliar o grau de conhecimento sobre a riqueza e a distribuição de espécies de cetáceos na Bacia de Santos:* este objetivo tem sido alcançado principalmente com as amostragens embarcadas (Campanha de Avistagem e MAP e Campanhas de Telemetria), onde se obtém maior resolução taxonômica e sucesso na identificação das espécies. A identificação molecular das espécies contribui efetivamente para identificar espécies de táxons de difícil identificação em campo (p.ex. gêneros *Globicephala* e *Delphinus*) e para corrigir eventuais falhas na identificação visual. O Monitoramento Acústico Passivo (MAP) é uma ferramenta com grande potencial à medida que uma sonoteca robusta de cetáceos vem sendo compilada pelo PMC-BS, e classificadores eficientes sejam desenvolvidos para a Bacia de Santos. O MAP também fornece informações importantes sobre espécies elusivas, de difícil detecção visual, como as do gênero *Kogia* e a Família Ziphidae. Até o momento foram identificadas 27 espécies de cetáceos na Bacia de Santos, com o aumento do esforço há a possibilidade de registro de novas espécies menos frequentes ou de comportamento mais elusivo.

*- Estimar a densidade e a abundância das espécies de cetáceos mais comuns na Bacia de Santos, por meio da implementação e avaliação de métodos complementares:* até o momento foram produzidas estimativas robustas de densidade e abundância agrupadas em misticetos e delfinídeo, separadas pelos métodos de Avistagem Embarcada/MAP e Avistagem Aérea. Há uma discrepância substancial nas estimativas realizadas por meio da embarcação e por sobrevoos, sendo os valores das estimativas por sobrevoos maiores que as embarcadas. Esta discrepância permitirá avaliar nos próximos dois anos as vantagens e

desvantagens de cada plataforma, bem como os erros associados a elas (como em relação ao tamanho dos grupos, viés dos observadores e viés de disponibilidade dos cetáceos para detecção). Até o momento foram produzidas estimativas de densidade e abundância para quatro espécies, todas por meio das Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP (baleia-jubarte, cachalote, golfinho-pintado-do-Atlântico e golfinho-nariz-de-garrafa). Espera-se ampliar as estimativas por espécie nos próximos anos conforme aumente o número de detecções.

*- Levantar informações sobre o uso de habitats de algumas espécies, implementando diferentes métodos conjuntamente e testando a eficácia dos mesmos: a distribuição e uso de habitat de diferentes espécies de cetáceos foram descritas com sucesso pelo projeto utilizando dados de todas as plataformas (embarcadas e sobrevoos). Estas informações permitiram identificar regiões de concentração de cetáceos misticetos e odontocetos. Os dados de avistagem embarcada foram usados para modelagem das variáveis ambientais e antrópicas que interferem na distribuição. Informações importantes sobre movimentos/migração e uso da coluna d'água (mergulhos) foram obtidas por meio de transmissores satelitais e digitais. Também foram descritos diversos deslocamentos para várias espécies por meio de reavistagens de animais foto-identificados. A complementariedade dos deslocamentos descritos por transmissores satelitais e foto-identificação é evidente quando se considera as escalas temporais diferentes das duas técnicas. Os transmissores satelitais fornecem dados de movimentos em maior resolução em um curto período de poucos dias a alguns meses, dependendo da duração da transmissão dos dados. Por sua vez, a foto-identificação fornece informações sobre deslocamentos em um período de poucos meses até diversos anos de intervalo, embora com menor detalhamento do deslocamento. Espera-se aprofundar as informações obtidas nos próximos anos com aumento das detecções de cada espécie, aumento do número de transmissores implantados, aumento do número de animais foto-identificados (e reavistagens) e avanços na modelagem estatística.*

*- Obter informações sobre padrões comportamentais de algumas espécies, buscando avaliar, quando possível, a suscetibilidade destas diante de atividades antrópicas: Embora ainda com uma amostra pequena para a maioria das espécies,*

a implantação de transmissores satelitais e digitais/arquivais forneceu informações sobre o comportamento de mergulho dos cetáceos da Bacia de Santos, confirmado o que se conhece pra maioria das espécies no mundo. Algumas espécies que realizam mergulhos mais profundos, como o cachalote e as baleias-piloto, podem ser mais suscetíveis a sons de alta intensidade e pulsados, como as atividades sísmicas. Por outro lado, espécies que permanecem a maior parte do tempo perto da superfície, como a baleia-sei, são mais vulneráveis ao tráfego de embarcações. Há um grande potencial de se produzir mais informações nos próximos anos que aprofundem o conhecimento sobre os padrões encontrados para as espécies, com o aumento do número de espécies e de indivíduos marcados com transmissores.

- *Avaliar o grau de contaminação existente em diferentes espécies de cetáceos por diferentes tipos de agentes químicos:* foram apresentados este ano resultados inéditos sobre ocorrência e dosagem de HPAs nos cetáceos da Bacia de Santos, além de outros poluentes orgânicos persistentes. Também houve avanços nas padronizações dos biomarcadores moleculares.

- *Avaliar o estado de saúde de cetáceos, por meio de registro de lesões epidérmicas ou traumas, que possam ser identificados pela aplicação da técnica de foto-identificação:* diferentes tipos de lesões foram identificadas em praticamente todas as espécies de cetáceos registradas pelo PMC-BS, com exceção das espécies raras. Com base na identificação de diferentes indivíduos, é possível monitorar a prevalência das diferentes lesões na população, incluindo lesões de provável origem antrópica como atropelamento por embarcações e mutilações potencialmente causadas por artefatos de pesca. Outras lesões que são relacionadas com a qualidade ambiental na literatura, como as lesões similares às causadas por póxvirus e lobomicose, também foram identificadas e estão sendo monitoradas.

- *Promover o registro e a avaliação preliminar de possíveis interferências antrópicas na comunidade de cetáceos na Bacia de Santos:* interferências antrópicas na saúde de cetáceos foram identificadas e descritas com sucesso por lesões epidérmicas e traumas. A modelagem estatística da distribuição também realizou cruzamentos da frequência de detecções de cetáceos misticetos e

odontocetos corrigidas pelo esforço amostral com diversas variáveis ambientais e antrópicas (tráfego de embarcações, intensidade de atividades de pesca, intensidade de ruídos e proximidade com unidades de produção de petróleo e gás). Espera-se aprofundar e refinar as modelagens de habitat nos próximos anos para diferentes espécies conforme o aumento do tamanho amostral, e pelo aprimoramento das técnicas de modelagem estatística.

*- Avaliar a funcionalidade e a eficácia da aplicação integrada e complementar dos diversos métodos previstos para o atendimento dos objetivos de monitoramento:* desde o primeiro ano do PMC-BS houve aplicação integrada e complementar de métodos e plataformas de coleta, sendo que esta é uma das grandes virtudes do projeto desde a sua concepção. A complementariedade fica bastante evidente entre os métodos visuais e acústicos, entre métodos visuais e genética, entre telemetria satelital e foto-identificação. A complementariedade também se dá entre as plataformas de pesquisa como embarcação e aeronaves, por aumentar o número de detecções para grande parte das espécies, como a toninha (*Pontoporia blainvilliei*), cuja detecção é mais frequente por sobrevoos. Nos próximos anos ainda será possível avaliar esta aplicação integrada e complementariedade dos métodos, especialmente em análises que combinem foto-identificação, genética, dosagem de contaminantes e biomarcadores, de forma a subsidiar as propostas de adequação de escopo para a continuidade do projeto no longo prazo.

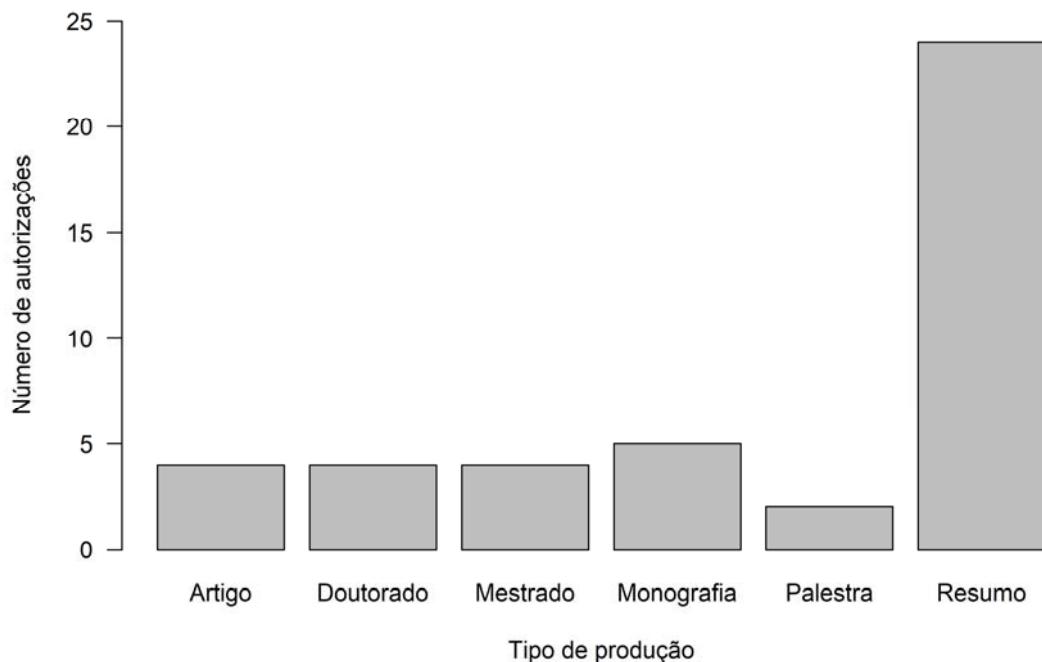
### **VI.3 Produção acadêmica do PMC-BS**

A produção acadêmica e científica com os dados do PMC-BS é uma importante estratégia de avaliação do projeto, definida no seu Projeto Executivo (PETROBRAS, 2015). O crivo científico, caracterizado pelo sistema de revisão por pares, é um importante filtro de qualidade e relevância do conhecimento produzido no projeto sobre os cetáceos da Bacia de Santos. Assim, em quatro anos de projeto buscou-se incentivar a realização de estudos científicos, dando vazão ao grande

volume de dados coletados e promovendo colaborações com instituições de pesquisa nacionais e internacionais.

Nestes quatro anos foram autorizadas um total de 43 produtos de pesquisas acadêmicas, sendo a maioria resumos apresentados em eventos científicos (**Figura VI.3-1**). O PMC-BS contribuiu com 24 trabalhos em cinco eventos, sendo um nacional e quatro internacionais, conforme descrito abaixo:

- 22<sup>nd</sup> *Biennial Conference on Marine Mammals* (Canadá 2017);
- 32<sup>nd</sup> *Annual Conference of the European Cetacean Society* (Itália 2018);
- XII RT – Reunião de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul e Congreso SOLAMAC (Peru 2018);
- *World Marine Mammal Conference – 23<sup>rd</sup> Biennial Conference on Marine Mammals* (Espanha 2019);
- X Congresso Brasileiro de Mastozoologia (Águas de Lindóia 2019);



**Figura VI.3-1:** Número de autorizações de uso de dados do PMC-BS por tipo de produção acadêmica.

As colaborações para realização destes estudos envolvem um total de 19 instituições, sendo 14 instituições nacionais distribuídas em sete estados da federação brasileira. As instituições do Brasil são todas universidades, contando com diversos laboratórios e cursos de pós-graduação. Há uma tendência de crescimento no número de autorizações ao longo dos anos do PMC-BS, com oito produtos acadêmicos autorizados em 2017 e 19 produtos autorizados em 2018. Em 2019, até o mês de outubro, foram autorizados 16 produtos acadêmicos com os dados do PMC-BS e outros sete produtos estão sendo formatados para autorização até o final do ano.

Cabe destacar que em 2019 foi publicado o primeiro artigo em periódico científico com dados provenientes do PMC-BS, na revista *Aquatic Biology* (SIMÕES-LOPES et al., 2019). O artigo trata da diferenciação em campo de duas subespécies do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), além de informações sobre a distribuição, uso de habitat e tamanhos de grupo destas subespécies. Outros dois artigos estão prontos para submissão e diversos manuscritos encontram-se em elaboração.

Em virtude da grande demanda de uso de dados do projeto por pesquisadores para diferentes trabalhos acadêmicos, está em processo de elaboração um “Manual de Uso de Dados do PMC-BS”, com objetivo de estabelecer um protocolo claro e objetivo para o processo de solicitação, autorização, compartilhamento e publicação dos dados. Estas orientações são fundamentais para que seja atendida a exigência que consta na licença de pesquisa (ACCTMB no. 657/2015), de menção ao processo de licenciamento que deu origem ao projeto. Além disto, busca-se garantir e facilitar a compilação da produção científica desenvolvida com dados do projeto.

#### **VI.4 Avaliação de aspectos antrópicos**

O objetivo geral do PMC-BS em longo prazo é avaliar potenciais impactos sobre os cetáceos das atividades de produção e escoamento de petróleo e gás natural do polo Pré-sal da Bacia de Santos, conforme descrito no Projeto Executivo do projeto (PETROBRAS, 2015). De acordo com o argumentado no documento

citado, em curto prazo de até seis anos, não é possível atingir este objetivo por diversas razões. Dentre estas razões estão a falta de dados pretéritos que sirvam de linha base para comparação, coletas em curto prazo que podem resultar em variações naturais dos parâmetros monitorados e que podem ser confundidas com interferências antropogênicas, além da falta de conhecimento sobre a biologia das diversas espécies que ocorrem na Bacia de Santos. Desta forma, apresentamos aqui, de forma preliminar e provisória, alguns resultados que ensejam discussão de possíveis interferências antropogênicas, seja na saúde de cetáceos ou na distribuição desses organismos.

Dentre as lesões epidérmicas observadas em cetáceos na Bacia de Santos, há registros que mostram danos sub-letais ocasionados por atropelamento de embarcações e interações com aparelhos de pesca, que causam cortes e/ou mutilações em diferentes espécies. Desta forma, conforme enfatizado anteriormente nos relatórios técnicos e no projeto executivo do PMC-BS, os cetáceos da Bacia de Santos sofrem danos de diferentes naturezas causados por diversas atividades humanas, incluindo a indústria do óleo e gás. Os efeitos cumulativos destas atividades sobre os cetáceos certamente contribui para o aumento da vulnerabilidade deste grupo aos danos antrópicos. No entanto, o conhecimento dos efeitos destas atividades antrópicas individualmente torna-se um desafio para qualquer análise que se propor a responder tal diferenciação.

De especial interesse para o PMC-BS, são os potenciais danos causados pela produção de óleo e gás em todas as suas fases (p.ex. prospecção, perfuração/instalação, produção). As análises preliminares sobre contaminantes orgânicos persistentes como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em cetáceos, apresentadas neste relatório, mostram que este tipo de poluente está presente nos tecidos das espécies avaliadas, contudo sem perfil de HPA semelhante ao encontrado no petróleo.

A modelagem da distribuição espacial de odontocetos e misticetos é outra análise apresentada neste relatório que aborda a interferência da indústria do petróleo de forma direta. A modelagem incluiu um conjunto representativo de variáveis ambientais (p.ex. temperatura na superfície, salinidade, batimetria, clorofila) e antrópicas. O conjunto de variáveis antrópicas incluíram dados

coletados diretamente durante as amostragens do PMC-BS, como a intensidade de atividades de pesca; dados obtidos por meio de geoprocessamento, como a distância das plataformas de produção de óleo e gás do Pré-sal; e dados obtidos por outros projetos que são condicionantes ambientais executadas pela PETROBRAS, como a intensidade do tráfego de embarcações (PMTE) e o monitoramento de ruídos acústicos submarinos (PMPAS).

Conforme esperado, a taxa de avistamentos de odontocetos e misticetos (detecções corrigidas pelo esforço amostral) varia em função de aspectos ambientais como a profundidade, salinidade e correntes. De uma forma geral, estas variáveis determinam a concentração de presas exploradas pelos cetáceos (FORCADA, 2009) e acabam por determinar a maior frequência de uso em quadrantes com determinadas características, como um amplo gradiente de profundidade (maior declividade) e maior intensidade de correntes marítimas.

Para os odontocetos, além das variáveis relacionadas com a profundidade, temperatura, salinidade e correntes, o melhor modelo considerou a intensidade do tráfego de embarcações. A maior intensidade de tráfego de embarcações na plataforma e talude continental do estado do Rio de Janeiro coincidiu com o maior número de detecções de odontocetos nesta mesma região. Entretanto, esta correlação aparentemente não tem nexo causal, podendo ser explicada pela simples sobreposição de uso da área por ambas as atividades.

O resultado mais relevante sobre potenciais interferências das atividades de exploração e produção de óleo no Pré-sal diz respeito à relação com a paisagem acústica submarina, descrita neste estudo pelos níveis de pressão sonora (SPL) nas faixas de frequência de 63 e 125 Hz, na faixa de profundidade de 0 a 100 metros. Estas faixas de frequência foram selecionadas por estarem mais correlacionadas com ruídos antropogênicos como o tráfego de embarcações (PETROBRAS, 2017a). A seleção da profundidade foi feita por esta faixa ser menos afetadas pelos ruídos ambientais como o vento e por ruídos remotos (PETROBRAS, 2017a). Os níveis de pressão sonora obtidos indicam que as regiões com maior intensidade nestas frequências, com níveis acima de 100 dB, se sobrepõem às áreas dos campos de produção e regiões preferenciais das rotas de embarcação. Portanto, a taxa de detecções de odontocetos e misticetos pode estar

sendo influenciada negativamente pela maior intensidade de sons, que poderia indicar um afugentamento ou evitamento destas áreas mais ruidosas pelos animais.

As plataformas de petróleo e gás produzem sons de baixa frequência, sendo que os navios-plataforma são os tipos de plataforma mais ruidosas, pois o casco tem uma ampla superfície de contato com a água, facilitando a propagação dos sons de diferentes motores e maquinários para o ambiente marinho (RICHARDSON et al., 1995). Estes sons de plataformas de produção de petróleo e gás sobrepõem-se com sons de cetáceos como a baleia-jubarte e podem prejudicar a comunicação e outras atividades vitais (ROSSI-SANTOS, 2015). Evitamento de áreas e desvios de rotas migratórias já foram documentadas para diferentes espécies de cetáceos como reações a ruídos antropogênicos, incluindo ruídos de plataformas de petróleo (SCHICK et al., 2001; WÜRSIG; RICHARDSON, 2009). No entanto, deve-se considerar que os níveis de SPL e os resultados do PMPAS utilizados representam, na prática, o somatório das contribuições de todas as operações em conjunto (embarcações, dutos, UEPs, sonda, etc.), tornando-se necessário mais estudos que indiquem quais ruídos interferem no comportamento.

Os resultados sobre interferências antrópicas apresentados neste documento são consistentes, além de coerentes com os relatos encontrados na literatura. Mas devem ser considerados como preliminares e com cautela no presente momento. Uma questão importante é que a resposta das diferentes espécies aos ruídos pode variar. O recorte realizado na malha de quadrantes em virtude da disponibilidade dos dados de ruídos em regiões mais profundas, ocasionou a eliminação das espécies mais costeiras. Então devemos considerar que os efeitos dos ruídos observados sobre a frequência de detecções de cetáceos na Bacia de Santos foram somente para espécies de hábitos oceânicos e apenas para um único estrato de profundidade. Foi possível observar ainda magnitudes de efeitos diferentes para misticetos e odontocetos, com os odontocetos respondendo de forma mais forte aos ruídos em 63 e 125 Hz na faixa de 0 a 100 metros de profundidade. Esta diferença na intensidade de respostas entre misticetos e odontocetos pode estar relacionada com o papel que os sons têm na biologia destes dois grupos. Os odontocetos dependem mais dos sons para comunicação e manutenção dos grupos sociais (TYACK, 1999) e, portanto, uma resposta mais acentuada aos

ruídos coincide com a maior importância que os sons desempenham na vida dos odontocetos.

Um aprofundamento das análises nos próximos anos, com o refinamento dos modelos estatísticos e o aumento do número de detecções de cetáceos com a continuidade do monitoramento poderão gerar mais elementos e consistência para a análise e a discussão dos resultados apresentados aqui. Portanto, considera-se que os resultados gerados até o momento e apresentados neste documento orientam hipóteses e suposições de respostas dos cetáceos às interferências antrópicas consideradas. Contudo, são necessários mais dados e análises complementares e adicionais para sustentar conclusões mais consistentes.

## VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTSON, G.R.; BAIRD, R.W.; OREMUS, M.; POOLE, M.M.; MARTIEN, K.K. & BAKER, C.S. 2016. Staying close to home? Genetic differentiation of rough-toothed dolphins near oceanic islands in the central Pacific Ocean. **Conservation Genetics**, DOI 10.1007/s10592-016-0880-z.
- ALVES, F.; DINIS, A.; CASCÃO, I. & FREITAS, L. 2010. Bryde's whale (*Balaenoptera brydei*) stable associations and dive profiles: new insights into foraging behavior. **Marine Mammal Science**, 26: 202–212.
- ALVES, F.; DINNIS, A.; RIBEIRO, C.; NICOLAU, C.; KAUFMANN, M.; FORTUNA, C. M. & FREITAS, L. 2013. Daytime dive characteristics from six short-finned pilot whales *Globicephala macrorhynchus* off Madeira Island. Arquipelago. **Life and Marine Sciences**, 31: 1–8.
- AMARAL, A.R.; SEQUEIRA, M.; MARTÍNEZ-CEDDIRA, J. & COELHO, M.M. 2007. New insights on population genetic structure of *Delphinus delphis* from the northeast Atlantic and phylogenetic relationships within the genus inferred from two mitochondrial markers. **Marine Biology**, 151(5): 1967-1976.
- ANDREWS, S. 2010. FastQC: a quality control tool for high throughput sequence data. Disponível online em:  
<http://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc>
- ANDRIOLI, A.; DA ROCHA, J.M.; ZERBINI, A. N.; SIMÕES-LOPES, P.C.; MORENO, I.B.; LUCENA, A.; DANILEWICZ, D. & BASSOI, M. 2010. Distribution and relative abundance of large whales in a former whaling ground off eastern South America. **Zoologia**, 27 (5): 741-750.
- ANDRIOLI, A.; KINAS, P.G.; ENGEL, M.H. & MARTINS, C.C.A. 2010. Humpback whale population estimates and distribution along the Brazilian breeding ground. **Endangered Species Research**, 11: 233-243.
- ANDRIOLI, A.; MARTINS, C.C.A.; ENGEL, M.H. & PIZZORNO, J.L. 2006. The first aerial survey to estimate abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the breeding ground off Brazil (Breeding Stock A). **Journal of Cetacean Research and Management**, 8: 307-311.

- AOKI, K.; AMANO, M.; MORI, K.; KOUROGI, A.; KUBODERA, T. & MIYAZAKI, N. 2012. Active hunting by deep-diving sperm whales: 3D dive profiles and maneuvers during bursts of speed. **Marine Ecology Progress Series**, 444: 289–301.
- AOKI, K.; AMANO, M.; YOSHIOKA M.; MORI, K.; TOKUDA, D. & MIYAZAKI, N. 2007. Diel diving behavior of sperm whales off Japan. **Marine Ecology Progress Series**, 349: 277–287.
- ASHBURNER, M., BALL, C.A., BLAKE, J.A., BOTSTEIN, D., BUTLER, H., CHERRY, J.M., HARRIS, M.A. 2000. Gene ontology: tool for the unification of biology. **Nature genetics**, 25: 25.
- AU, W.W. 1993. **The sonar of dolphins**. Springer-Verlag, New York, NY.
- AZEVEDO, A. F.; CARVALHO, R. R.; KAJIN, M.; VAN SLUYS, M.; BISI, T. L.; CUNHA, H. A.; LAILSON-BRITO JR, J. 2017. The first confirmed decline of a delphinid population from Brazilian Waters: 2000-2015 abundance of *Sotalia guianensis* in Guanabara Bay, South-eastern Brazil. **Ecological Indicators**, 79: 1-10.
- AZZOLIN, M.; GANNIER, A.; LAMMERS, M.O.; OSWALD, J.N.; PAPALE, E.; BUSCAINO, G.; BUFFA, G.; MAZZOLA, S. & GIACOMA, C. 2014. Combining whistle acoustic parameters to discriminate Mediterranean odontocetes during passive acoustic monitoring. **Journal of the Acoustic Society of America**, 135(1): 502-512.
- BACHMAN, M.J., FOLTZ, K.M., LYNCH, J.M., WEST, K.L., JENSEN, B.A. 2015. Using cytochrome P4501A1 expression in liver and blubber to understand effects of persistent organic pollutant exposure in stranded Pacific Island cetaceans. **Environmental Toxicology and Chemistry**, 34, 1989-1995.
- BAIRD, R. W., SCHORR, G. S., WEBSTER, D. L., MCSWEENEY, D. J., HANSON, M. B., & ANDREWS, R. D. 2011. Movements of two satellite-tagged pygmy killer whales (*Feresa attenuata*) off the island of Hawaii. **CASCADIA RESEARCH COLLECTIVE OLYMPIA WA.**
- BAIRD, R. W., WEBSTER, D. L., MAHAFFY, S. D., MCSWEENEY, D. J., SCHORR, G. S., & LIGON, A. D. 2008. Site fidelity and association patterns in a deep-

- water dolphin: Rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) in the Hawaiian Archipelago. **Marine Mammal Science**, 24(3): 535-553.
- BAIRD, R. W.; BORSANI, J. F.; HANSON, M. B.; TYACK, P. L. 2002. Diving and night-time behavior of long-finned pilot whales in the Ligurian Sea. **Marine Ecology Progress Series**, 237: 301-305.
- BAIRD, R. W.; HANSON, M. B. & DILL, L. M. 2005. Factors influencing the diving behaviour of fish-eating killer whales: sex differences and diel and interannual variation in diving rates. **Canadian Journal of Zoology**, 83: 257-267.
- BAIRD, R.W.; LIGON, A. & HOOKER, S.K. 2000. **Sub-surface and night-time behavior of humpback whales off Maui, Hawaii**: a preliminary report. 2000. Hawaiian Islands Humpback Whale National Marine Sanctuary, Kihei, HI.
- BAIROCH, A., APWEILER, R. 2000. The SWISS-PROT protein sequence database and its supplement TrEMBL in 2000. **Nucleic Acids Research**, 28, 45-48.
- BANDELT et al., 1999. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. **Molecular Biology and Evolution**, 16(1): 37-48.
- BARACHO, C.; CIPOLOTTI, S.; MARCOVALDI, E.; APOLINÁRIO, M. & SILVA, M.B. 2007. The occurrence of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the biological reserve of Atol das Rocas in north-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 2 - Biodiversity Records (Published online).
- BARLOW, J. & GISINER, R. 2006. Mitigating, monitoring and assessing the effects of anthropogenic sound on beaked whales. **Journal of Cetacean Research and Management**, 7(3): 239-249.
- BATEMAN, A., COIN, L., DURBIN, R., FINN, R. D., HOLLICH, V., GRIFFITHS-JONES, S., STUDHOLME, D.J. 2004. The Pfam protein families database. **Nucleic Acids Research**, 32, D138-D141.
- BATISTA, R. L. G., SCHIAVETTI, A., SANTOS, U. A. D., & REIS, M. D. S. S. D. 2012. Cetaceans registered on the coast of Ilhéus (Bahia), northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, 12(1): 31-38.
- BAUMANN-PICKERING, S.; MCDONALD, M.A.; SIMONIS, A.E.; SOLSONA-BERGA, A.; MERKENS, K.P.; OLESON, E.; ROCH, M.A.; WIGGINS, S.M.;

- RANKING, S.; YACK, T. & HILDEBRAND, J.A. 2013. Species-specific beaked whale echolocation signals. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 134(3): 2293-2301.
- BAZÚA-DURAN C. & AU, W.W.L. 2002. The whistles of Hawaiian spinner dolphins. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 112(6): 9-12.
- BEARZI, G., REEVES, R. R., REMONATO, E., PIERANTONIO, N., & AIROLDI, S. 2011. Risso's dolphin *Grampus griseus* in the Mediterranean Sea. **Mammalian Biology**, 76(4): 385-400.
- BELIKOV, R. A.; BEL'KOVICH, V. 2007. Whistles of beluga whales in the reproductive gathering off Solovetskii Island in the White Sea. **Acoustical Physics**, 53: 528–534.
- BÍGEGO, M.C.; TANIGUCHI, S.; LOURENÇO, R.A. 2018. Avaliação e Interpretação de Resultados de Hidrocarbonetos de Petróleo, Organoclorados e Organobromados em Amostras Biológicas de Tetrápodes Provenientes de Programas de Monitoramento Ambiental da Petrobras. **Relatório de Atualização do Estado da Arte – RAEA, 2018 IOUSP**. São Paulo, 119 p.
- BOLGER, A.M., LOHSE, M., USADEL, B. 2014. Trimmomatic: a flexible trimmer for Illumina sequence data. **Bioinformatics**, 30: 2114-2120.
- BONJEAN, F. & LAGERLOEF, G.S.E. 2002. Diagnostic Model and Analysis of the Surface Currents in the Tropical Pacific Ocean. **Journal of Physical Oceanography**, 32(10): 2938-2954.
- BORCARD, D., GILLET, F., & LEGENDRE, P. 2011. Numerical ecology with R. Springer, New York.
- BORMPOUDAKIS, D.; SUEUR, J. & PANTIS, J.D. 2013. Spatial heterogeneity of ambient sound at the habitat type level: ecological implications and applications. **Landscape Ecology**, 28: 495–506.
- BRADFORD, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, 72: 248-254.
- BROWN, M.R.; CORKERON, P.J.; HALE, P.T.; SCHULTZ, K.W. & BRYDEN, M.M. 1995. Evidence for a sex-segregated migration in the humpback whale

(*Megaptera novaengliae*). **Proceedings of the Royal Society of London**, 259: 229-234.

BROWN, N.W., HELBIG, R., BOAG, P.T., GASKIN D.E. & WHITE, B.N. 1991. Sexing beluga whales (*Delphinapterus leucas*) by means of DNA markers. **Canadian Journal of Zoology**, 69(7): 1971-1976.

BROWNELL, R.L. & RALLS, K.; Behavior of melon-headed whales, *Peponocephala electra*, near oceanic islands. In: Baumann-Pickering, S. and Poole, M.M. **Marine Mammal Science**, DOI: 10.1111/j.1748-7692.2009.00281.x.

BRYANT, D. M., JOHNSON, K., DITOMMASO, T., TICKLE, T., COUGER, M. B., PAYZIN-DOGRU, D., BATEMAN, J. 2017. A tissue-mapped axolotl de novo transcriptome enables identification of limb regeneration factors. **Cell Reports**, 18: 762-776.

BUCHELI, T.D.; FENT, K. 1995. Induction of cytochrome P450 as a biomarker for environmental contamination in aquatic ecosystems. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, 25: 201-268.

BUCKLAND, S.T.; ANDERSON, D.R.; BURNHAM, K.P.; LAAKE, J.L.; BORCHERS, D.L. & THOMAS, L. 2001. **Introduction to Distance Sampling**. Oxford University Press, Oxford.

BURNHAM, K.P. & ANDERSON, D.R. 2002. **Model Selection and Multi-Model Inference**. Springer-Verlag, New York, NY.

CABALLERO, S.; MARCOS, C.D.O.; SANCHES, A. & MIGNUCCI-GIANNONI, A.A. 2013. Initial description of the phylogeography, population structure and genetic diversity of Atlantic spotted dolphins from Brazil and the Caribbean, inferred from analyses of mitochondrial and nuclear DNA. **Biochemical Systematics and Ecology**, 48: 263-270.

CAMACHO, C., COULOURIS, G., AVAGYAN, V., MA, N., PAPADOPOULOS, J., BEALER, K., MADDEN, T.L. 2009. BLAST+: architecture and applications. **BMC Bioinformatics**, 10: 421.

CARVALHO, I.; LOO, J.; COLLINS, T.; BARENDE, J.; POMILLA, C.; LESLIE, M.S.; NGOUESSONO, S.; BEST, P.B. & ROSENBAUM, H.C. 2014. Does temporal and spatial segregation explain the complex population structure of

- humpback whales on the coast of West Africa?. **Marine Biology**, 161: 805–819.
- CARVALHO, M.S. & ROSSI-SANTOS, M.R. 2010. Sightings of the bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Trindade Island, Brazil, South Atlantic Ocean. **Marine Biodiversity Records**, 4: 15.
- CASTILHO, C.S.; PEDONE-VALDEZ, F.; BERTUOL, F.; FRUET, P.; GENOVES, R.C.; DI TULLIO, J.C.; CAON, G.; HOFFMANN, L.S. & FREITAS, T.R.O. 2015. Insights about the genetic diversity and population structure of an offshore group of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mid-Atlantic. **Genetics and Molecular Research**, 14(2): 3387-3399.
- CERCHIO, S.; JACOBSEN, J.K.; CHOLEWIAK, D.M.; FALCONE, E.A. & MERRIWETHER, D.A. 2005. Paternity in humpback whales, *Megaptera novaeangliae*: assessing polygyny and skew in male reproductive success. **Animal Behaviour**, 70: 267-277.
- CHEREM, J.J.; SIMÕES-LOPES, P.C.; ALTHOFF, S. & GRAIPEL, M.P. 2004. Lista dos Mamíferos do Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. **Mastozoología Neotropical**, 11: 151–184.
- CHILDERHOUSE, S.J.; DAWSON, S.W. & SLOOTEN, E. 1995. Abundance and seasonal residence of sperm whales at Kaikoura, New Zealand. **Canadian Journal of Zoology**, 73(4): 723-731.
- CLARK, C.W.; ELLISON, W.T.; SOUTHALL, B.L.; HATCH, L.; VAN PARIJS, S.M.; FRANKEL, A. & PONIRAKIS D. 2009. Acoustic masking in marine ecosystems: intuitions, analysis, and implication. **Marine Ecology Progress Series**, 395: 201–222.
- CONSTANTINE, R.; JOHNSON, M.; RIEKKOLA, L.; JERVIS, S.; KOZMIAN-LEDWARD, L., DENNIS, T. et al. 2015. Mitigation of vessel-strike mortality of endangered Bryde's whales in the Hauraki Gulf, New Zealand. **Biological Conservation**, 186: 149-157.
- COSTA, A.P.; ROSEL, P.E.; DAURA-JORGE, F.G. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2016. Offshore and coastal common bottlenose dolphins of the western South Atlantic face-to-face: What the skull and the spine can tell us. **Marine Mammal Science**, 32(4): 1433-1457.

- COSTA, A.P.B.; FRUET, P.; DAURA-JORGE, F.G.; SIMÕES-LOPES, P.C.; OTT, P.H.; VALIATI, V.H. & OLIVEIRA, L.R. 2015. Bottlenose dolphin communities from the southern Brazilian coast: do they exchange genes or are they just neighbors? **Marine and Freshwater Research**, doi.org/10.1071/MF14007.
- COURBIS, S.; BAIRD, R.W.; CIPRIANO, F. & DUFFIELD, D. 2014. Multiple populations of pantropical spotted dolphins in Hawaiian waters. **Journal of Heredity**, 105(5): 627-641.
- CRAIG, A.S. & HERMAN, L.M. 1997. Sex differences in site fidelity and migration of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to the Hawaiian Islands. **Canadian Journal of Zoology**, 75: 1923–1933
- CREMER, M.J. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2005. The occurrence of *Pontoporia blainvilliei* (Gervais & d'Orbigny) (Cetacea, Pontoporiidae) in an estuarine area in southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 22(3): 717-723.
- CREMER, M.J.; BARRETO, A.S.; HARDT, F.A.S.; TONELLO-JR, A.J. & MOUNAYER, R. 2009. Cetacean occurrence near an offshore oil platform in southern Brazil. **Biotemas**, 22(3): 247-251.
- CREMER, M.J.; HARDT, F.A.; TONELLO-JÚNIOR, A.J. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2011. Distribution and status of the Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) population in Babitonga bay, Southern Brazil. **Zoological Studies**, 50(3): 327-337.
- CREMER, M. J.; DAURA-JORGE, F. G.; CYPRIANO-SOUZA, A. L.; WEDEKIN, L. L. Movements of offshore bottlenose dolphins in the South Brazil Bight, Southeastern Brazil. In: **Congresso da Sociedade Latino-americana de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul** (RT), XII, 2018, Lima. Resúmenes... Lima: SOLAMAC, 2018.
- CYPRIANO-SOUZA, A.L.; ENGEL, M.H.; CABALLERO, S.; OLAVARRÍA, C.; FLÓREZ-GONZÁLEZ, L.; CAPELLA, J.; STEEL, D.; SREMBA A.; AGUAYO A.; THIELE, D.; BAKER, C.S. & BONATTO, S.L. 2017. Genetic differentiation between humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) from Atlantic and Pacific breeding grounds of South America. **Marine Mammal Science**, 33(2): 457-479.
- DA SILVA, D.M.P.; AZEVEDO, A.F.; SECCHI, E.R.; BARBOSA, L.A.; FLORES, P.A.C.; CARVALHO, R.R.; BISI, T.L.; LAILSON-BRITO, J. & CUNHA, H.A.

2015. Molecular taxonomy and population structure of the rough-toothed dolphin *Steno bredanensis* (Cetartiodactyla: Delphinidae). **Zoological Journal of the Linnean Society**, 175: 949–962.
- DALLA-ROSA, L., & SECCHI, E. R. 2007. Killer whale (*Orcinus orca*) interactions with the tuna and swordfish longline fishery off southern and south-eastern Brazil: a comparison with shark interactions. **Journal of the Marine Biological Association of the U.K.**, 87(1): 135-140.
- DAURA-JORGE, F.G.; INGRAM, S.N. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2013. Seasonal abundance and adult survival of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in a community that cooperatively forages with fishermen in southern Brazil. **Marine Mammal Science**, 29(2): 293-311.
- DAVIS, R.W.; JAQUET, N.; GENDRON, D.; MARKAIDA, U.; BAZZINO, G. & GILLY, W. 2007. Diving behavior of sperm whales in relation to behavior of a major prey species, the jumbo squid, in the Gulf of California, Mexico. **Marine Ecology Progress Series**, 333: 291-302.
- DEANGELIS, A. I.; STANISTREET, J. E.; BAUMANN-PICKERING, S.; CHOLEWIAK, D. M. 2018. A description of echolocation clicks recorded in the presence of True's beaked whale (*Mesoplodon mirus*). **Journal of the Acoustical Society of America**, 144(5): 2691-2700.
- DEKELING, R.P.A.; TASKER, M.L.; VAN DER GRAAF, A.J.; AINSLIE, M.A.; ANDERSSON, M.H.; ANDRÉ, M.; BORSANI, J.F.; BRENSING, K.; CASTELLOTE, M.; CRONIN, D.; DALEN, J.; FOLEGOT, T.; LEAPER, R.; PAJALA, J.; REDMAN, P.; ROBINSON, S.P.; SIGRAY, P.; SUTTON, G.; THOMSEN, F.; WERNER, S.; WITTEKIND, D.; YOUNG, J.V. 2014. **Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas**, Part I: Executive Summary, JRC Scientific and Policy Report.
- DING, W.; WURSIG, B.; LEATHERWOOD, S. 2001. Whistles of boto, *Inia geoffrensis*, and tucuxi, *Sotalia fluviatilis*. **Journal of the Acoustical Society of America**, 109(1): 407-411.
- DI-TULLIO, J.C.; GANDRA, T.B.R.; ZERBINI, A.N. & SECCHI, E.R. 2016. Diversity and distribution patterns of cetaceans in the Subtropical Southwestern Atlantic outer continental shelf and slope. **PLoS One**, 11(5): e0155841.

- DIZON, A.; BAKER, C.S.; CIPRIANO, F.; LENTO, G.; PALSBOLL, P. & REEVES, R. 2000. Molecular genetic identification of whales, dolphins, and porpoises: proceedings of a workshop on the forensic use of molecular techniques to identify wildlife products in the marketplace. **La Jolla, CA, USA, 14-16 June 1999. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum, NOAA-TM-NMFS-SWFSC-286, 52pp.**
- DOLAR M.L.L.; WALKER W.A.; KOOYMAN G.L.; PERRIN W.F. 2003. Comparative feeding ecology of spinner dolphins (*Stenella longirostris*) and Fraser's dolphins (*Lagenodelphis hosei*) in the Sulu Sea. **Marine Mammal Science**, 19: 1–19.
- DROUOT, V. & GANNIER, A. 2007. Movements of sperm whale in the western Mediterranean Sea: preliminary photo-identification results. **Journal of the Marine Biological Association of the U.K.**, 87: 195-200.
- EARL, D.A. & VONHOLDT, B.M. 2012. STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. **Conservation Genetics Resource**, 4: 359–361.
- ENGEL, M.H. & MARTIN, A.R. 2009. Feeding grounds of the western South Atlantic humpback whale population. **Marine Mammal Science**, 25: 964–969.
- EVANNO, G., REGNAUT, S. & GOUDET, J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. **Molecular Ecology**, 14: 2611–2620.
- EXCOFFIER, L. & LISCHER, H.E.L. 2010. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Lynux and Windows. **Molecular Ecology Resources**, 10: 564-567.
- FALCONE, E. & SCHORR, G. S. 2012. Distribution and demographics of marine mammals in SOCAL through photoidentification, genetics, and satellite telemetry: a summary of surveys conducted 1 July 2011 – 15 June 2012. Monterey, California: Naval Postgraduate School, **Department of Oceanography**, 28p.
- FARINA, A., 2014. **Soundscape Ecology: Principles, Patterns, Methods and Applications**. Dordrecht, Netherlands: Springer, 315p.

- FELSENSTEIN, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. **Evolution**: 783–791.
- FERNÍCOLA, N.A.G.G. 2002. Mirex. In: **Poluentes orgânicos persistentes: POPs. Org.**. Salvador, Brasil, 500 p.
- FINN, R.D., CLEMENTS, J., EDDY, S.R. 2011. HMMER web server: interactive sequence similarity searching. **Nucleic Acids Research**, 39: W29-W37.
- FORCADA, J. 2009. **Distribution**. In Perrin, W.F.: Würsig, B. & Thewissen, J.G.M. (Eds.) Encyclopedia of Marine Mammals. 2nd edition. San Diego, Academic Press, 316-321 pp.
- FORCADA, J., DI SCIARA, G. N., & FABBRI, F. 1995. Abundance of fin whales and striped dolphins summering in the Corso-Ligurian Basin. **Mammalia**, 59(1): 127-140.
- FRANKHAM, R.; BALLOU, J.D. & BRISCOE, D.A. 2010. Introduction to Conservation Genetics. **2nd ed. Cambridge University Press**: Cambridge, UK.
- FREITAS, C.; LYDERSEN, C.; FEDAK, M. & KOVACS, K.M. 2008. A simple new algorithm to filter marine mammal Argos locations. **Marine Mammal Science**, 24: 315–325.
- FRIEDLAENDER, A.S.; GOLDBOGEN, J.A.; NOWACEK, D.P.; READ, A.J.; JOHNSTON, D. & GALES, N. 2014. Feeding rates and under-ice foraging strategies of the smallest lunge filter feeder, the Antarctic minke whale (*Balaenoptera bonaerensis*). **The Journal of Experimental Biology**, 217: 2851-2854.
- FRUET, P.F.; SECCHI, E.R.; DAURA-JORGE, F.; VERMEULEN, E.; FLORES, P.A.C.; SIMÕES-LOPES, P.C.; GENOVES, R.C.; LAPORTA, P.; DI TULLIO, J.C.; FREITAS, T.R.O.; DALLA ROSA, L.; VALIATI, V.H.; BEHEREGARAY, L.B. & MOLLER, L.M. 2014. Remarkably low genetic diversity and strong population structure in common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from coastal waters of the Southwestern Atlantic Ocean. **Conservation Genetics**, 15: 1–17.
- FRUET, P.F.; SECCHI, E.R.; DI TULLIO, J.C. & KINAS, P.G. 2011. Abundance of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae), inhabiting the

Patos Lagoon estuary, southern Brazil: Implications for conservation. **Zoologia** 28(1): 23-30.

FRUET, P.F.; SECCHI, E.R.; DI TULLIO, J.C.; SIMÕES-LOPES, P.C.; DAURA-JORGE, F.; COSTA, A.P.B.; VERMEULEN, E.; FLORES, P.A.C.; GENOVES, R.C.; LAPORTA, P.; BEHEREGARAY, L.B. & MOLLER, L.M. 2017. Genetic divergence between two phenotypically distinct bottlenose dolphin ecotypes suggests separate evolutionary trajectories. **Ecology and Evolution**, 7(21): 9131-9143.

GABRIELE, C.M.; LOCKYER, C.; STRALEY, J.M.; JURASZ, C.M. & KATO, H. 2010. Sighting history of a naturally marked humpback whale (Megaptera novaeangliae) suggests ear plug growth layer groups are deposited annually. **Marine Mammal Science**, 26: 443–450.

GALES, N.J.; KASUYA, T.; CLAPHAM, P.J. & BROWNELL, R.L. 2005. Japan's whaling plan under scrutiny. **Nature**, 435: 883-884

GARRISON, L. P. 2007. Interactions between marine mammals and pelagic longline fishing gear in the US Atlantic Ocean between 1992 and 2004. **Fishery Bulletin**, 105: 408-417.

GASPARINI, J.L. & SAZIMA, I.A. 1996. A stranded melonheaded whale, *Peponocephala electra*, in southeastern Brazil, with comments on wounds from the cookiecutter shark, *Isistius brasiliensis*. **Marine Mammal Science**, 12: 308-312.

GOLDBOGEN, J.A. 2006. Kinematics of foraging dives and lunge-feeding in fin whales. **Journal of Experimental Biology**, 209(7): 1231-1244.

GOLDBOGEN, J.A.; FRIEDLAENDER, A.S.; CALAMBOKIDIS, J.; MCKENNA, M.F.; SIMON, M. & NOWACEK, D.P. 2013. Integrative Approaches to the Study of Baleen Whale Diving Behavior, Feeding Performance, and Foraging Ecology. **BioScience**, 63(2): 90-100.

GOLDBOGEN, J.A.; PYENSON, N.D. & SHADWICK, R.E. 2007. Big gulps require high drag for fin whale lunge feeding. **Marine Ecology Progress Series**, 349: 289-301.

- GOLEY, P.D. & STRALEY, J.M. 1994. Attack on grey whales in Monterrey Bay, California, by killer whales previously identified in Glacier Bay, Alaska. **Canadian Journal of Zoology**, 72(8): 1528-1530.
- GREEN, M.L.; HERZING, D.L. & BALDWIN, J.D. 2011. Reproductive success of male Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*) revealed by noninvasive genetic analysis of paternity. **Canadian Journal of Zoology**, 89(3): 239-253.
- HAAS, B.J., PAPANICOLAOU, A., YASSOUR, M., GRABHERR, M., BLOOD, P.D., BOWDEN, J., MACMANES, M.D. 2013. De novo transcript sequence reconstruction from RNA-seq using the Trinity platform for reference generation and analysis. **Nature Protocols**, 8: 1494.
- HARDT, F.A.S.; CREMER, M.J.; TONELLO-JR, A.J. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2010. Residence patterns of the Guiana dolphin *Sotalia guianensis* in Babitonga Bay, south coast of Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, 8(1-2): 117-121.
- HARTMAN, K. I. 2018. Rissö's dolphin: *Grampus griséus*. In: **Encyclopedia of Marine Mammals (Third Edition)**, pp. 824-827.
- HASTIE, G. D., WILSON, B., THOMPSON, P. M. 2006. Diving deep in a foraging hotspot: acoustic insights into bottlenose dolphin dive depths and feeding behavior. **Marine Biology** 148: 1182-1188.
- HERZING, D. L. AU, W. W. L.; POPPER, A. N.; FAY R. R. (Eds.) 2000. Acoustics and social behavior of wild dolphins: Implications for a sound society. **Hearing by whales and dolphins** (Springer Handbook of Auditory Research) New York: Springer-Verlag. pp. 225-272.
- HEYNING, J.E. & PERRIN, W.F. 1994. Evidence for two species of common dolphin (Genus *Delphinus*) from the Eastern North Atlantic. **Los Angeles County Museum of Natural History Contributions in Science**, 442: 1-35.
- HOELZEL, A.R.; GOLDSWORTHY, S.D. & FLEISCHER, R.C. 2002. Population genetic structure. **Marine mammal biology**: an evolutionary approach, 325-352.
- HOFMANN B.; SCHEER M.; BEHR, I. P. 2004. Underwater behaviors of short-finned pilot whales (*Globicephala macrorhynchus*) off Tenerife. **Mammalia**, 68(2): 221-224.

- HORWOOD, J. (ed) 1987. The sei whale: population biology, ecology & management. Croom Helm, London IWC. 2006. **Report of the workshop on the comprehensive assessment of Southern Hemisphere humpback whales.** Paper SC/58/Rep 5 presented to the IWC Scientific Committee.
- HUIJSER, L.A.E; BÉRUBÉ, M.; CABRERA, A.A.; PRIETO, R.; SILVA, M.A.; ROBBINS, J.; KANDA, N.; PASTENE, L.A.; GOTO, M.; YOSHIDA, H.; VÍKINGSSON, G.A. & PALSBOLL, P.J. 2018. Population structure of North Atlantic and North Pacific sei whales (*Balaenoptera borealis*) inferred from mitochondrial control region DNA sequences and microsatellite genotypes. **Conservation Genetics**, 19(4): 1007-1024.
- IRVINE, L.; PALACIOS, D.M.; URBÁN, J. & MATE, B. 2017. Sperm whale dive behavior characteristics derived from intermediate-duration archival tag data. **Ecology and Evolution**, 7(19): 7822 – 7837.
- IUCN, 2019 - <<https://www.iucnredlist.org>> Acessado em 19/10/2019.
- JAKOBSSON, M. & ROSENBERG, N.A. 2007. CLUMPP: a cluster matching and permutation program for dealing with label switching and multimodality in analysis of population structure. **Bioinformatics**, 23:1801–1806.
- JAMES, G.; WITTEN, D.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. , 2013. **An Introduction to Statistical Learning**. Vol. 6. New York, NY: Springer.
- JANIK, V.M., & SAYIGH, L.S. 2013. Communication in bottlenose dolphins: 50 years of signature whistle research. **Journal of Comparative Physiology A**, 199: 479-489.
- JAQUET, N.; DAWSON, S. & DOUGLAS, L. 2001. Vocal behavior of male sperm whales: Why do they click? **The Journal of the Acoustical Society of America**, 109(5): 2254-2259.
- JEFFERSON, T. A.; WEIR, C. R.; BALLANCE, L. T.; KENNEY, R. D.; KISZKA, J. J. 2013. Global distribution of Risso's dolphin *Grampus griseus*: a review and critical evaluation. **Mammal Review**, 44(1): 56-68.
- JEFFERSON, T.; WEBBER, M. & PITMAN, R. 2015. **Marine mammals of the world**. A comprehensive guide to their identification. Cambridge: Academic Press, 616p.

- JOHNSON, M.; MADSEN, P.T.; ZIMMER, W.M.; AGUILAR-SOTO, N. & TYACK, P.L. 2004. Beaked whales echolocate on prey. **Proceedings of the Royal Society of London B**, 271(6): S383-S386.
- JOHNSON, M.P. & TYACK, P.L. 2003. A digital acoustic recording tag for measuring the response of wild marine mammals to sound. **IEEE Journal of Oceanic Engineering**, 28(1): 3-12.
- JONSEN, I. 2016. Joint estimation over multiple individuals improves behavioral state inference from animal movement data. **Scientific Reports**, 6: 20625.
- JONSEN, I. D.; MYERS, R. A. & JAMES, M. C. 2007. Robust hierarchical state-space models reveal diel variation in travel rates of migrating leatherback turtles. **Journal of Animal Ecology**, 75: 1046-1057.
- JONSEN, I. D.; MYERS, R.; JAMES, M. C. 2007. Identifying leatherback turtle foraging behaviour from satellite telemetry using a switching state-space model. **Marine Ecology Progress Series**, 337: 255-264
- JONSEN, I.; FLEMMING, J.M. & MYERS R.A. 2005. Robust state-space modeling of animal movement data. **Ecology**, 86(11): 2874-2880.
- KALINOWSKI, S.T.; TAPER, M.L. & MARSHALL, T.C. 2007. Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. **Molecular Ecology**, 16: 1099-1106.
- KANDA, N.; GOTO, M.; KATO, H.; MCPHEE, M.V. & PASTENE, L.A. 2007. Population genetic structure of Bryde's whales (*Balaenoptera brydei*) at the inter-oceanic and trans-equatorial levels. **Conservation Genetics**, 8: 853-864.
- KATO, H. & PERRIN W.F. 2008. **Bryde's whales *Balaenoptera edeni* and *B. brydei***. In Perrin, W.F.: Würsig, B. & Thewissen, J.G.M. (Eds.) **Encyclopedia of marine mammals**. 2nd edition. San Diego, Academic Press, 158-163 pp.
- KATONA, S.K. & WHITEHEAD, H.P. 1981. Identifying humpback whales using their natural markings. **Polar Record**, 20(128): 439-444.
- KINZEY, D. & GERRODETTE, T. 2001. Conversion factors for binocular reticles. **Marine Mammals Science**, 17(2): 353-361.
- KLATSKY, L.J.; WELLS, R.S.; SWEENEY, J.C. 2007. Offshore bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): movement and dive behavior near the Bermuda Pedestal. **Journal of Mammalogy**, 88 (1): 59-66.

- KYHN, L. A.; JENSEN, F. H., BEEDHOLM, K.; TOUGAARD, J.; HANSEN, M.; MADSEN, P. T., 2010. Echolocation in sympatric Peale's dolphins (*Lagenorhynchus australis*) and Commerson's dolphins (*Cephalorhynchus commersonii*) producing narrow-band high-frequency clicks. **Journal of Experimental Biology**, 213(11): 1940-1949.
- LAMMERS, M.O., & AU, W.W.L. 2003. Directionality in the whistles of Hawaiian spinner dolphins (*Stenella longirostris*): A signal feature to cue direction of movement? **Marine Mammal Science**, 19: 249-264.
- LAMMERS, M.O.; AU, W.W.L. & HERZING, D.L. 2003. The broad band social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. **J. Acoust. Soc. Am.** 114(3): 11-17.
- LAPORTA, P.; DI TULLIO, J.C.; VERMEULEN, E.; DOMIT, C.; MARTINS, C.A. & LODI, L. 2016. Report of the working group on habitat use of *Tursiops truncatus* in the Southwest Atlantic Ocean. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, 11(1-2): 47-61.
- LEATHERWOOD, S. & REEVES, R.R. 1983. **The Sierra Club handbook of whales and dolphins**. San Francisco: Sierra Club Books.
- LEDUC, R.G.; DIZON, A.E.; GOTO, M.; PASTENE, L.A.; KATO, H.; NISHIWAKI, S.; LEDUC, C.A. & BROWNELL R.L. 2007. Patterns of genetic variation in Southern Hemisphere blue whales and the use of assignment test to detect mixing on the feeding grounds. **Journal of Cetacean Research and Management**, 9: 73-80.
- LERCZAK, J.A. & HOBBS, R.C. 1998. Calculating sighting distances from angular readings during shipboard, aerial, and shore-based marine mammal surveys. **Marine Mammal Science**, 14(3): 590-599.
- LETTEVALL, E.; RICHTER, C.; JAQUET, N.; SLOOTEN, E.; DAWSON, S.; WHITEHEAD, H.; CHRISTAL, J. & HOWARD, P.M. 2016. Social structure and residence in aggregations of male sperm whales. **Canadian Journal of Zoology**, DOI: 10.1139/z02-102
- LIGON, A. D., Baird, R. W., Webster, D. L., McSweeney, D. J., & Schorr, G. S. 2007. HABITAT PREFERENCES OF MELON-HEADED WHALES (*Peponocephala*

**electra) AROUND THE MAIN HAWAIIAN ISLANDS. CASCADIA RESEARCH COLLECTIVE OLYMPIA WA**

- LIMA, A.F.B.; GONÇALVES, L.R.; QUEIROZ, E.L. 2006. Registro histórico de encalhe de uma baleia-de-Bryde *Balaenoptera edeni* Anderson, 1879 (Mysticeti: Balaenopteridae), no rio Paraguaçu, Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Bioikos**, 20(2): 75-59.
- LIMA, I. M. S.; ANDRADE, L. G.; CARVALHO, R. LAILSON-BRITO JR., J.; AZEVEDO, A. F. 2012 Characteristics of whistles from rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) in Rio de Janeiro coast, southeastern Brazil. **Journal of the Acoustical Society of America**, 131(5): 4176-4181.
- LODI, L. & BOROBIA, M. 2013. **Baleias, botos e golfinhos do Brasil**: guia de identificação. Rio de Janeiro: Technical Books Editora.
- LODI, L. & FARIAS-JÚNIOR, S. 2011. Movements of a solitary adult male killer whale, *Orcinus orca* (Cetacea, Delphinidae), along the coast of south-eastern Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 6(4): 325-328
- LODI, L. & HETZEL, B. 1998. *Orcinus orca* (Cetacea; Delphinidae) em águas costeiras do Estado do Rio de Janeiro [*Orcinus orca* (Cetacea; Delphinidae) in coastal waters of Rio de Janeiro State]. **Bioikos**, 12: 46-54.
- LODI, L. & HETZEL, B. 1999. Rough-toothed dolphin, *Steno bredanensis*, feeding behaviors in Ilha Grande bay. **Biociências**, 7(1): 29-42.
- LODI, L.; CANTOR, M.; DAURA-JORGE, F.G. & MONTEIRO-NETO, C. 2014. A missing piece from a bigger puzzle: declining occurrence of a transient group of bottlenose dolphins off Southeastern Brazil. **Marine Ecology**, 35(4): 516-527.
- LODI, L.; DOMIT, C.; LAPORTA, P.; DI TULLIO, J.C.; MARTINS, C.C.A.; VERMEULEN, E. 2016. Report of the Working Group on the Distribution of *Tursiops truncatus* in the Southwest Atlantic Ocean. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, 11(1-2): 29-46.
- LODI, L.; OLIVEIRA, R.H.T.; FIGUEIREDO, L.D. & SIMÃO, S.M. 2012. Movements of the rough-toothed dolphin (*Steno bredanensis*) in Rio de Janeiro State, southeastern Brazil. **Marine Biodiversity Records**, 5.

- LODI, L.; SICILIANO, S. & CAPISTRANO, L. 1990. Mass stranding of *Peponocephala electra* (Cetacea, Globicephalinae) on Piracanga beach, Bahia, Northeastern Brazil. **Scientific Reports of Cetacean Research**, 1: 79-84.
- LODI, L.; SICILIANO, S.; BELLINI, C. Ocorrência e conservação da baleia-franca-do-sul, *Eubalaena australis*, no litoral do Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, vol. 39, n. 17, p. 307-328, 1996.
- LODI, L.; WEDEKIN, L.L.; ROSSI-SANTOS, M.R. & MARCONDES, M. C. 2008. Movements of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Rio de Janeiro state, southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, 9: 205–209.
- LODI, L.; OLIVEIRA, R. H. T.; FIGUEIREDO, L. D.; SIMÃO, S. M. 2012. Movements of the rough-toothed dolphin (*Steno bredanensis*) in Rio de Janeiro State, southeastern Brazil. **Marine Biodiversity Records**, 5.
- LODI, L.; TARDIN, R.H.; HETZEL, B.; MACIEL, I.S.; FIGUEIREDO, L.D. & SIMÃO, S.M. 2015. Bryde's whale (Cetartiodactyla: Balaenopteridae) occurrence and movements in coastal areas of southeastern Brazil. **Zoologia**, 32(2): 171-175.
- LOUIS, M.; VIRICEL, A.; LUCAS, T.; PELTIER, H.; ALFONSI, E.; BERROW, S. & STEPHANIS, R. 2014. Habitat-driven population structure of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the North-East Atlantic. **Molecular Ecology**, 23(4): 857-874.
- LOWTHER-THIELEKING, J.L.; ARCHER, F.I.; LANG, A.R. & WELLER, D.W. 2015. Genetic differentiation among coastal and offshore common bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the eastern North Pacific Ocean. **Marine Mammal Science**, 31(1): 1-20.
- LUCENA, A. 2006. Estrutura populacional da *Balaenoptera bonaerensis* (Burmeister) (Cetácea, Balaenopteridae) nas áreas de reprodução do Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Zoologia**, 23(1): 176-185.
- LUKSENBURG, J.A.; HENRÍQUEZ, A. & SANGSTER, G. 2015. Molecular and morphological evidence for the subspecific identity of Bryde's whales in the southern Caribbean. **Marine Mammal Science**, 31(4): 1568-1579.
- MADSEN, P.; WAHLBERG, M. & MØHL, B. 2002. Male sperm whale (*Physeter macrocephalus*) acoustics in a high-latitude habitat: implications for

- echolocation and communication. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, 53(1): 31-4.
- MADSEN, P.T. & WAHLBERG, M. 2007. Recording and quantification of ultrasonic echolocation clicks from free-ranging toothed whales. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 54(8): 1421-1444.
- MADSEN, P.T.; CARDER, D.A.; BEDHOLM, K. & RIDGWAY, S.H. 2005. Porpoise clicks from a sperm whale nose: Convergent evolution of 130 kHz pulses in toothed whale sonars? **Bioacoustics**, 15(2): 195-206.
- MAGALHÃES, F. A. D., GARRI, R. G., TOSI, C. H., SICILIANO, S., CHELLAPPA, S., & SILVA, F. J. D. L. 2007. First confirmed record of *Feresa attenuata* (Delphinidae) for the Northern Brazilian Coast. **Biota Neotropica**, 7(2), 0-0.
- MARQUES, F.F.C. & BUCKLAND, S.T. 2004. Covariate models for the detection function. In: **Advanced Distance Sampling** (Eds.: Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. & Thomas, L.). Pp. 31-47. Oxford University Press, Oxford.
- MARTIEN, K.K; HANCOCK-HANSER, B.L.; BAIRD, R.W.; KISZKA, J.J.; ASCHETTINO, J.M.; OREMUS, M. & HILL, M.C. 2017. Unexpected patterns of global population structure in melon-headed whales *Peponocephala electra*. **Marine Ecology Progress Series**, 577: 205-220.
- MATKIN, C.O.; MATKIN, D.R.; ELLIS, G.M.; SAULITIS, E. & MCSWEENEY, D. 1997. Movements of resident killer whales in Southeastern Alaska and Prince William Sound, Alaska. **Marine Mammal Science**, 13 (2): 469-475.
- MAYORGA, L.F.S.P; BARBOSA, L.A.; BHERING, R.C.C 2010. Primeiros registros de encalhe de *Ziphius cavirostris* (Cetacea, Odontoceti) na costa do Espírito Santo, Brasil. **Biota Brasil**, 23 (3): 223-226
- MAZARIS, A.D.; KALLIMANIS, A.S.; CHATZIGIANIDIS, G.; PAPADIMITRIOU, K.; PANTIS, J.D. 2009. Spatio-temporal analysis of an acoustic environment: interactions between landscape features and sounds. **Landscape Ecology**, 24(6): 817–831.
- MCCULLAGH, P. & NELDER, J.A. 1989. **Generalized Linear Models**. 2nd edition. Monographs on Statistics and Applied Probability 37. Chapman & Hall, London.

- MCSWEENEY, D. J., BAIRD, R. W., MAHAFFY, S. D., WEBSTER, D. L., & SCHORR, G. S. 2009. Site fidelity and association patterns of a rare species: pygmy killer whales (*Feresa attenuata*) in the main Hawaiian Islands. **Marine Mammal Science**, 25(3): 557-572.
- MELCÓN, M.L.; MAURICIO, F. & INIGUEZ, M.A. 2012. Echolocation behavior of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvilliei*) in the wild. **Journal of the Acoustical Society of America**, 131(6).
- MERKENS, K.; MANN, D.; JANIK, V.M.; CLARIDGE, D.; HILL, M. & OLESON, E. 2018. Clicks of dwarf sperm whales (*Kogia sima*). **Marine Mammal Science** doi: 10.1111/mms.12488.
- MILLER, K.A. 2003. Cytochrome P450 as a biomarker of contaminant exposure in free-ranging marine mammals.
- MILLER, P.J.; JOHNSON, M.P. & TYACK, P.L. 2004. Sperm whale behavior indicates the use of echolocation click buzzes 'creaks' in prey capture. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, 271(1554): 2239-2247.
- MILLER, P.J.O.; SHAPIRO, A.D.; DEECKE, V.B. 2010. The diving behavior of mammal-eating killer whales (*Orcinus orca*): variations with ecological not physiological factors. **Canadian Journal of Zoology**, 88: 1103-1112.
- MIRIMIN, L.; WESTGATE, A.; ROGAN, E.; ROSEL, P.; READ, A.; COUGHLAN, J. & CROSS, T. 2009. Population structure of short-beaked common dolphins (*Delphinus delphis*) in the North Atlantic Ocean as revealed by mitochondrial and nuclear genetic markers. **Marine Biology**, 156: 821-834
- MIZROCH, S. A., Rice, D. W., & Breiwick, J. M. 1984. The fin whale, *Balaenoptera physalus*. **Marine Fisheries Review**, 46(4): 20-24.
- MØHL, B.; WAHLBERG, M.; MADSEN, P.T.; HEERFORDT, A. & LUND, A. 2003. The monopulsed nature of sperm whale clicks. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 114(2): 1143-1154.
- MÖLLER, L.; SIMÕES-LOPES, P.C.; SECCHI, E.R. & ZERBINI, A.N. 1994. Uso de fotoidentificação no estudo do deslocamento de botos, *Tursiops truncatus* (Cetacea, Delphinidae) na costa sul do Brasil. **6ª Reunião de Trabalhos de**

**Especialistas em Mamíferos Marinhos da América do Sul.** Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. p. 5-8

- MORENO, I. B., ZERBINI, A. N., DANILEWICZ, D., DE OLIVEIRA SANTOS, M. C., SIMÕES-LOPES, P. C., LAILSON-BRITO JR, J., & AZEVEDO, A. F. 2005. Distribution and habitat characteristics of dolphins of the genus *Stenella* (Cetacea: Delphinidae) in the southwest Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, 300: 229-240.
- MORETE, M.E.; BISI, T.L.; PACE, R.M. & ROSSO, S. 2008. Fluctuating abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in a calving ground off coastal Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the U.K.**, 88: 1229-1235.
- MORISAKA, T.; CONNOR, R. C. 2007 Predation by killer whales (*Orcinus orca*) and the evolution of whistle loss and narrow-band high frequency clicks in odontocetes. **Journal of Evolutionary Biology**, 20(4): 1439-1458.
- MORON, J.R.; AMORIM, T.O.S.; SUCUNZA, F.; CASTRO, F.R.; ROSSI-SANTOS, M. & ANDRIOLI, A. 2015. Spinner dolphin whistle in the South West Atlantic Ocean: Is there a geographic variation? **Journal of the Acoustical Society of America**, 138(4): 2495–2498.
- MOTTA, M.R.A. & SILVA, C.P.N. 2005. Rescue, handling and release of a melon-headed whale, *Peponocephala electra*, stranded in Ceará, NE Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, 4(2): 187-190.
- MOURA, J.F.; ACEVEDO-TREJOS, E.; TAVARES, D.C.; MEIRELLES, A.C.O.; SILVA, C.P.N; OLIVEIRA, L.R. et al. 2016. Stranding events of *Kogia* whales along the Brazilian Coast. **PLoS One**, 11(1): e0146108.
- MULLIN, K.D.; HIGGINS, L.V.; JEFFERSON, T.A. & HANSEN, L.J. 1994. Sightings of the Clymene dolphin (*Stenella clymene*) in the Gulf of Mexico. **Marine Mammal Science**, 10(4): 464-470.
- NATHAN, R.; GETZ, W. M.; REVILLA, E.; HOLYOAK, M.; KADMON, R.; SALTZ, D. & SMOUSE, P. E. 2008. A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. **Proceedings of the National Academy of Science**, 105: 19052-19059.

- NAWOJCHIK, R.; AUBIN, D. J. ST. & JOHNSON, A. 2003. Movements and dive behavior of two stranded, rehabilitated long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) in the northwest Atlantic. **Marine Mammal Science**, 19: 232-239.
- NEVES, S. 2013. **Acoustic behaviour of Risso's dolphins, *Grampus griseus*, in the Canary Islands, Spain**. Tese de doutorado, Universidade Saint Andrews, Escocia, 177p.
- NEWMAN, K. & SPRINGER, A.M. 2008. Nocturnal activity by mammal-eating killer whales at a predation hot spot in the Bering Sea. **Marine Mammal Science**, 24(4): 990-999.
- NOWACEK, D.P.; JOHNSON, M.P.; TYACK, P.L.; SHORTER, K.A.; MCLELLAN, W.A. & PABST, A. 2001. Buoyant balaenids: the ups and downs of buoyancy in right whales. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, 268(1478): 1811-1816.
- OLAVARRÍA, C.; BAKER, C.S.; GARRIGUE, C.; POOLE, M.; HAUSER, N.; CABALLERO, S.; CLAPHAM, P. FLÓREZ-GONZALEZ, L.; BRASSEUR, M.; BANNISTER, J.; CAPELLA; J.; CLAPAPHAM, p.; DODEMONT, R); DONOGHUE, R.; JENNER, C.; D1. MOJENNER,. 2007. Population structure of humpback whales throughout the South Pacific and the origin of the eastern Polynesian breeding grounds. **Marine Ecology Progress Series**, 330: 257–268.
- OLIVEIRA, C.; WAHLBERG, M.; JOHNSON, M.; MILLER, P.J.O. & MADSEN, P.T. 2013. The function of male sperm whale slow clicks in a high latitude habitat: Communication, echolocation, or prey debilitation? **Journal of the Acoustical Society of America**, 133(5): 3135–3144.
- OLIVEIRA, L.R.; FRAGA, L.D.; OTT, P.H.; SICILIANO, S.; LOPES, F.; ALMEIDA, R.; WICKERT, J.C.; MILMANN, L.; DANILEWICZ, D.; EMIN-LIMA, N.R.; MEIRELLES, A.C.; LUZ, V.; DO NASCIMENTO, L.F.; DE THOISY, B.; TAVARES, M.; ZERBINI, A.N.; BAUMGARTEN, M.; VALIATI, V.H. & BONATTO, S.L. 2019. Population structure, phylogeography, and genetic diversity of the common bottlenose dolphin in the tropical and subtropical southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Mammology**, 100(2): 564-577.

- OLSEN, E.; BUDGELL, P.; HEAD, E.; KLEIVANE, L.; NOTTESTAD, L.; PRIETO, R.; SILVA, M.A.; SKOV, H.; VIKINGSSON, G.A; WARING, G. & OIEN, N. 2009. First satellite-tracked long-distance movement of a sei whale (*Balaenoptera borealis*) in the North Atlantic. **Aquatic Mammals**, 35(3): 313-318.
- OLSON, P.A. 2018. Pilot Whales, *Globicephala melas* and *G. macrorhynchus*. In: Würsig, B., Thewissen, J. G. M. and Kovacs, K. M. (eds), **Encyclopedia of Marine Mammals Third Edition**, pp. 701-705. Elsevier, San Diego, California, USA.
- OREMUS, M.; GALES, R.; DALEBOUT, M.L.; FUNAHASHI, N.; ENDO, T.; KAGE, T., STEEL, D. & BAKER, C.S. 2009. Worldwide mitochondrial DNA diversity and phylogeography of pilot whales (*Globicephala* spp.). **Biological Journal of the Linnean Society**, 98(4): 729-744.
- OREMUS, M.; POOLE, M.M.; STEEL, D. & BAKER, C.S. 2007. Isolation and interchange among insular spinner dolphin communities in the South Pacific revealed by individual identification and genetic diversity. **Marine Ecology Progress Series**, 336: 275-289.
- OSWALD, J.; RANKIN, S.; BARLOW, J. & LAMMERS, M.O. 2007. A tool for real-time acoustic species identification of delphinid whistles, **Journal of the Acoustic Society of America**, 122(1): 587-595.
- OSWALD, J.N. & OSWALD, M. 2013. **ROCCA (Real-time Odontocete Call Classification Algorithm) User's Manual**. Prepared for Naval Facilities Engineering Command Atlantic, Norfolk, Virginia under HDR Environmental, Operations and Construction, Inc., Contract No. CON005-4394-009, Subproject 164744, TaskOrder 03, Agreement # 105067. Prepared by Bio-Waves, Inc., Encinitas, California.
- OSWALD, J.N.; BARLOW, J. & NORRIS, T.F. 2003. Acoustic identification of nine delphinid species in the Eastern Tropical Pacific Ocean. **Marine Mammals Science**, 19(1): 20-37.
- PAIVA, M.P. & MOTTA, P.C.S.D. 2000. Schools of Brazilian-sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner), in coastal waters of Rio de Janeiro State (Brazil). **Revista Brasileira de Zoologia**, 17(2): 339-346.

- PAPALE, E.; GAMBA, M.; PEREZ-GIL, M.; MARTIN, V.M. & GIACOMA, C. 2015. Dolphins Adjust Species Specific Frequency Parameters to Compensate for Increasing Background Noise. **PLoS One** 10(4): e0121711.
- PASTENE, L.; ACEVEDO, J.; SICILIANO, S.; SHOLL, T.G.C.; DE MOURA, J.F.; OTT, P.H. & AGUAYO-LOBO, A. 2015. Population genetic structure of the South American Bryde's whale. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, 50:453-464.
- PASTENE, L.A. & GOTO, M. 2016. Genetic characterization and population genetic structure of the Antarctic minke whale *Balaenoptera bonaerensis* in the Indo-Pacific region of the Southern Ocean. **Fisheries Science**, 82(6): 873-886.
- PASTENE, L.A.; GOTO, M.; KANDA, N.; KEREM, D.; WATANABE, K.; BESSHO, Y.; HASEGAWA, M.; NIELSEN, R.; LARSEN, F.; PALSBØLL, P.J. 2007. Radiation and speciation of pelagic organisms during periods of global warming: the case of the common minke whale, *Balaenoptera acutorostrata*. **Molecular Ecology**, 16: 1481-1495.
- PAVANATO, H.; WEDEKIN, L.L.; GUILHERME-SILVEIRA, F.R.; ENGEL, M.H. & KINAS, P.G. 2017. Estimating humpback whale abundance using hierarchical distance sampling. **Ecological Modelling**, 358: 10-18.
- PAYNE, R. 1976. At home with right whales. **National Geographic**, 149(3), 322-339.
- PERRIN, W.F. & WURSIG, B. 2009. Encyclopedia of marine mammals. [S. I.]: Academic Press. San Diego, CA.
- PERRYMAN, W. L. W. F. PERRIN, B. WURSIG, AND J. G. M. THEWISSEN, EDS. 2002. Melon-headed whale *Peponocephala electra* Gray, 1846 W. F. Perrin, B. Wursig, and J. G. M. Thewissen, eds. **Encyclopedia of marine mammals**. Academic Press, San Diego, CA, Pages 733– 734
- PETROBRAS. 2015. Projeto Executivo. **Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS)**. Elaborado pela SOCIOAMBIENTAL Consultores Associados para a PETROBRAS. Florianópolis-SC.
- PETROBRAS. 2017a. 1º Relatório Técnico - Novembro/2015 a Dezembro/2016. **Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina da Bacia de**

**Santos / PMPAS-BS.** Relatório técnico elaborado pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) para a PETROBRAS. Rio de Janeiro-RJ.

PETROBRAS. 2017b. 2º Relatório Anual – Ciclos 1 a 4. **Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS).** Relatório técnico elaborado pela SOCIOAMBIENTAL Consultores Associados para a PETROBRAS. Florianópolis-SC.

PETROBRAS. 2018a. 2º Relatório Técnico - Novembro/2015 a dezembro/2017.

**Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina da Bacia de Santos / PMPAS-BS.** Relatório técnico elaborado pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) para a PETROBRAS. Rio de Janeiro-RJ.

PETROBRAS. 2018b. 3º Relatório Anual – Ciclos 1 a 6. **Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS).** Relatório técnico elaborado pela SOCIOAMBIENTAL Consultores Associados para a PETROBRAS. Florianópolis-SC.

PETROBRAS. 2019. 3º Relatório Técnico - Novembro/2015 a dezembro/2018.

**Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina da Bacia de Santos / PMPAS-BS.** Relatório técnico elaborado pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) para a PETROBRAS. Rio de Janeiro-RJ.

PIJANOWSKI, B. C.; VILLANUEVA-RIVERA, L. J.; DUMYAHN, S. L.; FARINA, A.; KRAUSE, B. L.; NAPOLETANO, B. M.; GAGE S. H.; PIERETTI, N. 2011 Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. **BioScience**, 61(3): 203–216.

PINEDO, M.C. 1985. A note on a stranding of the humpback whale on the southern coast of Brazil. **Scientific Reports of the Whales Research Institute**, 36: 165-168.

PINEDO, M.C; LAMMARDO, M.P; BARRETO, A.S. 2001. REVIEW OF *Ziphius cavirostris*, *Mesoplodon grayi* AND *Lagenodelphis hosei* (CETACEA: ZIPHIIDAE AND DELPHINIDAE) IN BRAZILIAN WATERS, WITH NEW RECORDS FROM SOUTHERN BRAZIL. **Atlântica**, 23: 67-76

PRIETO, R.; SILVA, M.A. & WARING, G.T. 2014. Sei whale movements and behaviour in the North Atlantic inferred from satellite telemetry. **Endangered Species Research**, 26: 103-113.

- PRITCHARD, J.K.; WEN, X. & FALUSH, D. 2007. Documentation for structure software: version 2.2. <http://pritch.bsd.uchicago.edu/software>.
- PSARAKOS, S.; HERZING, D. L.; MARTEN, K. 2003. Mixed-species associations between pantropical spotted dolphins (*Stenella attenuata*) and Hawaiian spinner dolphins (*Stenella longirostris*) off Oahu, Hawaii. **Aquatic Mammals**, 29: 390–395.
- QUÉROUIL, S., SILVA, M. A., FREITAS, L., PRIETO, R., MAGALHÃES, S., DINIS, A., ALVES, F., MATOS, J.A., MENDONÇA, D., HAMMOND P.S. & SANTOS, R.S. 2007. High gene flow in oceanic bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) of the North Atlantic. **Conservation Genetics**, 8(6): 1405-1419.
- QUÉROUIL, S.; FREITAS, L.; CASCÃO, I.; ALVES, F.; DINIS, A.; ALMEIDA, J.R.; PIETRO R.; BORRAS, S.; MATOS, J.A.; MENDONÇA, D. & SANTOS, R.S. 2010. Molecular insight into the population structure of common and spotted dolphins inhabiting the pelagic waters of the Northeast Atlantic. **Marine biology**, 157(11): 2567-2580.
- QUÉROUIL, S.; FREITAS, L.; DINIS, A.; ALVES, F.; CASCÃO, I.; PRIETO, R.; SILVA, M.A.; MAGALHÃES, S.; MATOS, J.A & SANTOS, R.S. 2010b. Sex bias in biopsy samples collected from free-ranging dolphins. **European Journal of Wildlife Research**, 56: 151-158.
- QUICK, N.J.; ISOJUNNO, S.; SADYKOVA, D.; BOWERS, M.; NOWACEK, D. P. & READ, A. J. 2017. Hidden Markov models reveal complexity in the diving behaviour of short-finned pilot whales. **Scientific Reports**, 7: 45765.
- R CORE TEAM. 2018. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>
- RAMOS, R. M., SICILIANO, S., BOROBIA, M., ZERBINI, A. N., PIZZORNO, J. L. A., FRAGOSO, A. B. L., ... & DE OLIVEIRA SANTOS, M. C. 2001. A note on strandings and age of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) on the Brazilian coast. **Journal of Cetacean Research and Management**, 3(3), 321-326.
- RANKIN, S.; ARCHER, F.; KEATING, J. L.; OSWALD, J. N.; OSWALD, M.; CURTIS, A.; BARLOW, J. 2017 Acoustic classification of dolphins in the

- California Current using whistles, echolocation clicks, and burst pulses. **Marine Mammal Science**, 33(2): 520-540.
- RATTNER, B.A. et al. Biomonitoring environmental contamination with piping black-crowned night heron embryos: induction of cytochrome P450. **Environmental Toxicology Chemistry**, v. 12, p. 1719-1732, 1993.
- REISINGER, R.R.; KEITH, M.; ANDREWS, R.D. & BRUYN, P.J.N. 2015. Movement and diving of killer whales (*Orcinus orca*) at a Southern Ocean archipelago. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 472: 90-102.
- RENDELL, L.; MATTHEWS, J.N.; GILL, A.; GORDON, J.C.D. & MACDONALD. 1999. Quantitative analysis of tonal calls from five odontocete species, examining interspecific and intraspecific variation. **Journal of Zoology**, 249: 403–410.
- RICHARDSON, W.J.; GREENE, C.R.J.; MALME, C.I & THOMSON, D.H. 1995. **Marine mammals and noise**. San Diego: Academic Press.
- RIGHETTI, B.P.H., DAURA-JORGE, F.G., MATTOS, J.J., SIEBERT, M.N., BEZAMAT, C., FRUET, P., GENOVES, R., TANIGUCHI, S., DA SILVA, J., MONTONE, R.C., SIMÕES-LOPES, P.C., BAINY, A.C.D., LÜCHMANN, K.H. 2019. Biochemical and molecular biomarkers in integument biopsies of free-ranging coastal bottlenose dolphins from southern Brazil. **Chemosphere**, 225, 139-149.
- ROCH, M. A., SOLDEVILLA, M. S., BURTENSHAW, J. C., HENDERSON, E. E., & HILDEBRAND, J. A. 2007. Gaussian mixture model classification of odontocetes in the Southern California Bight and the Gulf of California. The **Journal of the Acoustical Society of America**, 121(3): 1737-1748.
- ROCH, M. A.; ET AL. 2016. Management of acoustic metadata for bioacoustics. **Ecological Informatics**, v. 31, p. 122-136.
- ROCHA, J. M. & BRAGA, N.M.A. 1982. Progress report on cetacean research: June 1980 to May 1981. **Reports of the International Whaling Commission**, 32: 155-159.
- ROSENBERG, N.A. 2004. DISTRUCT: A program for the graphical display of population structure. **Molecular Ecology Notes**, 4: 137–138.

- ROSS, G. J., & LEATHERWOOD, S. 1994. Pygmy killer whale *Feresa attenuata* Gray, 1874. **Handbook of marine mammals**, 5, 387-404.
- ROSS, H.A.; LENTO, G.M.; DALEBOUT, M.L.; GOODE, M.; EWING, G.; MCLAREN, P.; RODRIGO, A.G.; LAVERY, S. & BAKER, C.S. 2003. DNA Surveillance: Web-based molecular identification of whales, dolphins, and porpoises. **Journal of Heredity**, 94: 111–114.
- ROSSI-SANTOS, M. R. 2015. Oil Industry and Noise Pollution in the Humpback Whale (*Megaptera novaeangliae*) Soundscape Ecology of the Southwestern Atlantic Breeding Ground. **Journal of Coastal Research**, 299, 184–195.
- ROSSI-SANTOS, M., BARACHO, C., NETO, E. S., & MARCOVALDI, E. 2008. First sightings of the pygmy killer whale, *Feresa attenuata*, for the Brazilian coast. **Marine Biodiversity Records**, 1.
- ROSSI-SANTOS, M.R.; WEDEKIN, L.L. & SOUSA-LIMA, R.S. 2006. Distribution and habitat use of small cetaceans in the Abrolhos Bank, Eastern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, 5(1): 23-28.
- ROZAS, J.; FERRER-MATA, A.; SÁNCHEZ-DELBARRIO, J.C.; GUIRAO-RICO, S.; LIBRADO, P.; RAMOS-ONSINS, S.E. & SÁNCHEZ-GRACIA, A. 2017. DnaSP 6: DNA Sequence Polymorphism Analysis of Large Datasets. **Molecular Biology Evolution**, 34: 3299-3302
- SAHA, S.; MOORTHI, S.; PAN, H.L.; WU, X.; WANG, J. et al. 2010. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 91(8): 1015-1057.
- SANSEVERINO, A.M.; MENICONI, M.F.G. 2014. Avaliação de metodologias analíticas e teores de HPA em baleias, golfinhos, aves e tartarugas marinhas: atendimento ao licenciamento do polo pré-sal da Bacia de Santos – etapa 2. **RT AMA 024/2014**. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES 19 p.
- SANSEVERINO, A.M.; MENICONI, M.F.G. 2015. Avaliação de metodologias analíticas e teores de HPA em pinípedes e sirênios: atendimento ao licenciamento do polo pré-sal da Bacia de Santos – etapa 2. **RT AMA 020/2015**. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES, 2015. 41 p.
- SANTOS, M.C.O. 1999. Novas informações sobre cetáceos no litoral sul de São Paulo e norte do Paraná com base em estudos sobre encalhes e na aplicação

da técnica de foto-identificação individual de *Sotalia fluviatilis* (Cetacea: Delphinidae). Universidade de São Paulo, Brasil, 114p. **(Dissertação de Mestrado).**

SASAKI, T.; NIKAIDO, M.; WADA, S.; YAMADA, T.K.; CAO, Y.; HASEGAWA, M. & OKADA, N. 2006. *Balaenoptera omurai* is a newly discovered baleen whale that represents an ancient evolutionary lineage. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 41:40–52.

SCHICK, R.S. & URBAN, D.L. 2000. Spatial components of bowhead whale (*Balaena mysticetus*) distribution in the Alaskan Beaufort Sea. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 57: 2193-2200.

SCHILLING, M.R.; SEIPT, I.; WEINRICH, M.T.; FROHOCK, S.E.; KUHLBERG, A.E. & CLAPHAM, P.J. 1992. Behavior of individually identified Sei whales, *Balaenoptera borealis*, during an episodic influx into the southern Gulf of Maine in 1986. **Fishery Bulletin**, 90(4): 749-755.

SCHMIEGELOW, J.M.M. 1990. Estudo sobre cetáceos odontocetes encontrados em praias da região entre Iguape (SP) e Baía de Paranaguá (PR) (24° 42' S – 25° 28' S) com especial referência a *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) (Delphinidae). Universidade de São Paulo, Brasil, 149p. **(Dissertação de Mestrado).**

SCHMITT, N.T.; DOUBLE, M.C.; JARMAN, S.N.; GALES, N.; MARTHICK, POLANOWSKI, A.M.; BAKER, C.S.; STEEL DEBI. 2014. Low levels of genetic differentiation characterize Australian humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) populations, **Marine Mammal Science**, 30:221–241.

SECCHI, E.R. & VASKE JR., T. 1998. Killer whale (*Orcinus orca*) sightings and depredation on tuna and swordfish longline catches in southern Brazil. **Aquatic Mammals**, 24 (2): 117-122.

SHILLING, M. R.; SEIPT, I.; WEINRICH, M. T.; FROHOCK, S. R.; KUHLBERG, A. E. & CLAPHAM, P. J. 1992. Behavior of individually identified sei whales, *Balaenoptera borealis*, during na episodic influx into the Southern Gulf of Maine in 1986. **Fishery Bulletin**, 90: 749-755.

- SHIRIHAI, H. & JARRET, B. 2006. **Whales, dolphins and other marine mammals of the world. Princeton Field Guides.** Princeton University Press, Princeton and Oxford.
- SICILIANO, S.; EMIN-LIMA, N.R.; COSTA, A.F.C.; RODRIGUES, A.L.F.; MAGALHÃES, F.A.; TOSI, C.H.; GARRI, R.G.; SILVA, C.G. & SILVA JR., J.S. 2008: **Revisão do conhecimento sobre os mamíferos aquáticos da costa norte do Brasil.** Arquivos do Museu Nacional, 66, 381-401.
- SICILIANO, S.; LAILSON-BRITO, J. & AZEVEDO, A. 1999. Seasonal occurrence of killer whales (*Orcinus orca*) of Rio de Janeiro, Brazil. **Zeitschrift fur Saugetierkunde** 64(4): 251-255.
- SICILIANO, S.; SANTOS, M.C.O.; VICENTE, A.F.C.; ALVARENGA, F.S. 2004. Strandings and feeding records of Bryde's whales (*Balaenoptera edeni*) in Southeastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom** 84(4): 857-859.
- SILVA, I.F.; KAUFMAN, G.D.; HUTSEL, A.; MACIE, A.; MALDINI, D. & RANKIN, R. 2012. **Mid migration humpback whale feeding behavior off Eden, NSW, Australia.** SC/63/SH12.
- SIMÕES-LOPES, P.C. & FABIAN, M.E. 1999. Residence patterns and site fidelity in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu) (Cetacea, Delphinidae) off Southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 16(4): 1017-1024.
- SMOLKER, R.A.; MANN, J. & SMUTS, B. B. 1993. Use of signature whistles during separations and reunions by wild bottlenose dolphin mothers and infant. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, 33, 393-402.
- SOLDEVILLA, M.S.; BAUMANN-PICKERING, S.; CHOLEWIAK, D.; HODGE, L.E.; OLESON, E.M. & RANKIN, S. 2017. Geographic variation in Risso's dolphin echolocation click spectra. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 142(2): 599-617.
- SOLDEVILLA, M.S.; FRASIER, K. & DIAS, A.A. 2017. Spatial distribution and dive behavior of Gulf of Mexico Brydes's whales: potential risk of vessel strikes and fisheries interactions. **Endangered Species Research** 32:533-550.
- SREMBA, A.L.; HANCOCK-HANSER, B.; BRANCH, T.A.; LEDUC, R.L. & BAKER, C.S. 2012. Circumpolar diversity and geographic differentiation of mtDNA in the

- critically endangered Antarctic blue whale (*Balaenoptera musculus intermedia*). **PLoS One**, 7(3), e32579.
- STANLEY, R. 1995. DARWIN: identifying dolphins from dorsal fin images. **Senior Thesis, Eckerd College**.
- STEGEMAN, J.J. Cytochrome P450 forms in fish. In: SCHENKMAN, J.B.; GREIM, H. (Eds.), **Handbook of Experimental Pharmacology**, vol. 105. Springer, Berlin, p. 279-291, 1993.
- STEINER, W.W. 1981. Species-specific differences in pure tonal whistle vocalizations of five western north Atlantic dolphin species. **Behavioral Ecology and Sociobiology** 9:241–246.
- STIMPERT, A.K.; WILEY, D.N.; AU, W.W.L.; JOHNSON, M.P. & ARSENAULT, R. 2007. “Megapclicks”: acoustic click trains and buzzes produced during night-time foraging of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). **Biology Letters**, 3(5), 467-470.
- STOCKIN, K.A.; AMARAL, A.R.; LATIMER, J.; LAMBERT, D.M. & NATOLI, A. 2014. Population genetic structure and taxonomy of the common dolphin (*Delphinus* sp.) at its southernmost range limit: New Zealand waters. **Marine Mammal Science**, 30(1): 44-63.
- TAMURA, K., STECHER, G.; PETERSON, D.; FILIPSKI, A. & KUMAR, S. 2013. MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. **Molecular biology and evolution**, 30: 2725–2729.
- TANABE, S. 2002. Contamination and Toxic Effects of Persistent Endocrine Disrupters in Marine Mammals and Birds. **Mar. Poll. Bull.** 45, 69-77.
- TAYLOR, B.L.; CHIVERS, S.J.; LARESE, J. & PERRIN, W.F. 2007. Generation length and percent mature estimates for IUCN assessments of cetaceans. **Administrative Report LJ-0701, National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Science Center, La Jolla, CA**.
- TERSHY, B.R.; ACEVEDO-GUTIÉRREZ, A.; BREESE, D. & STRONG, C. 1993. Diet and feeding behavior of fin and Bryde's whales in the central Gulf of California, Mexico. **Rev Inv Cient**, 1, 31-38.
- THERNEAU, T. & ATKINSON, B. 2018. **rpart: Recursive Partitioning and Regression Trees.** R package version 4.1-13. Disponível em:

- <<https://CRAN.R-project.org/package=rpart>>. Acesso em: 30 setembro de 2018.
- THOMAS, L.; BUCKLAND, S.T.; REXSTAD, E.A.; LAAKE, J.L.; STRINDBERG, S.; HEDLEY, S.L.; BISHOP, J.R.B.; MARQUES, T.A. & BURNHAM, K.P. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. **Journal of Applied Ecology**, 47: 5-14.
- THORNE, L. H., FOLEY, H. J., BAIRD, R. W., WEBSTER, D. L., SWAIM, Z. T., & READ, A. J. 2017. Movement and foraging behavior of short-finned pilot whales in the Mid-Atlantic Bight: importance of bathymetric features and implications for management. **Marine Ecology Progress Series**, 584: 245-257.
- TORRES-FLOREZ, J.P.; HUCKE-GAETE, R.; ROSENBAUM, H. & FIGUEROA, C.C. 2014. High genetic diversity in a small population: the case of Chilean blue whales. **Ecology and Evolution**, 4(8): 1398-1412.
- TOWERS, J. R.; TIXIER, P.; ROSS, K. A.; BENNETT, J.; ARNOULD, J.P.Y.; PITMAN, R.L. & DURBAN, J.W. 2018. Movement and dive behavior of a toothfish-depredating killer and sperm whale. **ICES Journal of Marine Science**, DOI: 10.1093/icesjms/fsy118.
- TYACK, P. 1999. Communication and Cognition. In: REYNOLDS III, J.E.; ROMMEL, S.A. (Eds.), **Biology of Marine Mammals** (pp. 287-323). Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- TYACK, P. 2006. Extreme diving of beaked whales. **Journal of Experimental Biology**, 209: 4238-4253.
- TYACK, P. & CLARK, C.W. 2000. Communication and acoustic behavior of dolphins and whales. In: AU, W. W. L., POPPER, A. N.; FAY, R. R. (Eds.), **Hearing by whales and dolphins** (pp. 156-224). New York: Springer- Verlag.
- VALENTIN, J.L. 2000. **Ecologia Numérica**. Rio de Janeiro: Interciênciac.
- VALSECCHI, E.; GLOCKNER-FERRARI, D.; FERRARI, M. & AMOS, W. 1998. Molecular analysis of the efficiency of sloughed skin sampling in whale population genetics. **Molecular Ecology**, 7(10): 1419-1422.
- VAN BREE, P.J.H. 1971. On *Globicephala seiboldi* Gray 1846, and the other species of pilot whales (Notes on cetacean, Delphinoidea III). **Beaufortia**, 19: 79-87.

- VAN OOSTERHOUT, C.; HUTCHINSON, W.F.; WILLS, D.P.M & SHIPLEY, P. 2004. MICRO-CHECKER: software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data. **Molecular Ecology Notes**, 4: 535-538.
- VIRICEL, A. & ROSEL, P.E. 2014. Hierarchical population structure and habitat differences in a highly mobile marine species: the Atlantic spotted dolphin. **Molecular Ecology**, 23(20): 5018-5035.
- VISSER, I.N. 1999. Propeller scars and known migration of two killer whales (*Orcinus orca*) in New Zealand waters. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, 33(4): 635-642.
- WADE, P. R., & GERRODETTE, T. 1993. Estimates of cetacean abundance and distribution in the eastern tropical Pacific. **Report of the International Whaling Commission**, 43: 477-493.
- WATKINS, W. A., M. A. DAHER, A. SAMUELS AND D. P. GANNON. 1997. Observations of *Peponocephala electra*, the melon-headed whale, in the southeastern Caribbean. **Caribbean Journal of Science** 33: 34–40.
- WATKINS, W. A.; TYACK, P. L.; MOORE, K. E.; NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G. 1987. Rough-toothed dolphin *Steno bredanensis* in the Mediterranean Sea. **Marine Mammal Science**, 3: 78–82.
- WATKINS, W.A. & SCHEVILL, W.E. 1977. Sperm whale codas. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 62(6): 1485-1490.
- WATWOOD, S.; MILLER, P.O.; JOHNSON, M.; MADSEN, P.T. & TYACK, P.L. 2006. Deep-diving foraging behavior of sperm whales (*Physeter macrocephalus*). **Journal of Animal Ecology**, 75: 814–825.
- WEDEKIN, L.L., DAURA-JORGE, F.G., ROSSI-SANTOS, M.R. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2008. Notes on the distribution, group size and behavior of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae) in the coast of the Island of Santa Catarina, southern Brazil. **Biota Neotropica**, 8(4).
- WEDEKIN, L.L., ROSSI-SANTOS, M.R., BARACHO, C., CYPRIANO-SOUZA, A.L. & SIMÕES-LOPES, P.C. 2014. Cetacean records along a coastal-offshore gradient in the Vitória-Trindade Chain, western South Atlantic Ocean. **Brazilian Journal of Biology**, 74(1): 137-144.

- WEILGART, L. & WHITEHEAD, H. 1988. Distinctive vocalizations from mature male sperm whales (*Physeter macrocephalus*). **Canadian Journal of Zoology**, 66(9): 1931-1937.
- WEIR, B.S. & COCKERHAM, C.C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. **Evolution**, 38: 1358–1370.
- WEIR, C.R.; POLLOCK, C.; CRONIN, C. & TAYLOR, S. 2001. Cetaceans of the Atlantic frontier, north and west of Scotland. **Continental Shelf Research**, 21: 1047-1071.
- WELLS, R. R.; MANIRE, C.; BYRD, L.; SMITH, D.; GANNON, J.; FAUQUIER, D. & MULLIN, K. 2009. Movements and dive patterns of a rehabilitated Risso's dolphin, *Grampus griséus*, in the Gulf of Mexico and Atlantic Ocean. **Marine Mammal Science**, 25: 420-429.
- WELLS, R.S.; BORDINO, P. & DOUGLAS, D.C. 2013. Patterns of social association in the franciscana, *Pontoporia blainvilliei*. **Marine Mammal Science**, 29(4).
- WELLS, R.S.; HANSEN, L.J.; BALDRIDGE, A B.; DOHL, T.P.; KELLY, D.L. & DEFAN, R.H. 1990. Northward extension of the range of bottlenose dolphins along the California coast. In: Leatherwood and R. R. Reeves (eds.), **The Bottlenose Dolphin**. New York: Academic Press, pp 421-412.
- WELLS, R.S.; RHINEHART, H.L.; CUNNINGHAM, P.; WHALEY, J.; BARAN, M.; KOBERNA, C. & COSTA, D.P. 1999. Long distance offshore movements of bottlenose dolphins. **Mar. Mamm. Sci.** 15(4):1058-1114.
- WEST, K.L.; WALKER, W.A.; BAIRD, R.W.; WEBSTER, D.L.; SCHORR, G.S. 2018. Stomach contents and diel diving behavior of melon-headed whales (*Peponocephala electra*) in Hawaiian waters. **Marine Mammal Science**, DOI: 10.1111/mms.12507.
- WICKERT, J. C.S. V.E; MAILLARD, L. R.; (OLIVEIRA & I. B. MORENO). 2016. Revalidation of *Tursiops gephyreus* Lahille, 1908 (Cetartiodactyla: Delphinidae) from the Southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Mammalogy**, 97:1728–1737.
- WILBERG, M.J. & DREHER, B.P. 2004. GENECAP: a program for analysis of multilocus genotype data for non-invasive sampling and capture-recapture population estimation. **Molecular Ecology Notes**, 4 (4): 783-785.

- WILLIAMS, J.A., DAWSON S. M. & SLOOTEN. E. 1993. The abundance and distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Doubtful Sound, New Zealand. **Canadian Journal of Zoology**, 71: 2080–2088.
- WILSON, J.Y., WELLS, R., AGUILAR, A., BORRELL, A., TORNERO, V., REIJNDERS, P., MOORE, M., STEGEMAN, J.J. 2007. Correlates of cytochrome P450 1A1 expression in bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) integument biopsies. **Toxicological Sciences**, 97, 111-119.
- WITTEVEEN, B.H., WORTHY, G.A.J., WYNNE, K.M., HIRONS, A.C., ANDREWS, A.G. III AND MARKEL, R.W. 2011. Trophic levels of north pacific humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) through analysis of stable isotopes: implications on prey and resource quality. **Aquatic Mammals** 37(2): 101-110
- WOODWORTH, P.A., SCHOOORR, G.S., BAIRD, R.W., WEBSTER, D.L., MCSWEENEY, D.J., HANSON, M.B. & ANDREWS, R. 2011. Eddies as offshore foraging grounds for melon-headed whales (*Peponocephala electra*). **Marine Mammal Science** 28(3): 638-647.
- WRIGHT, B.M., FORD, J.K.B., ELLIS, G.M., DEECKE, V.B., SHAPIRO, A.D., BATTAILLE, B.C. & TRITES, A.W. 2017. Fine-scale foraging movements by fish-eating killer whales (*Orcinus orca*) relate to the vertical distributions and escape responses of salmonid prey (*Oncorhynchus* spp.). **Movement Ecology**, 1: 1181.
- WRIGHT, B.M.; FORD, J.K.B.; ELLIS, G.M.; DEECKE, V.B.; SHAPIRO, A.D.; BATTAILLE, B.C. & TRITES, A.W. 2017. Fine-scale foraging movements by fish-eating killer whales (*Orcinus orca*) relate to the vertical distributions and escape responses of salmonid prey (*Oncorhynchus* spp.). **Movement Ecology**, 5(3).
- WÜRSIG, B. & JEFFERSON, T.A. 1990. Methods of photo-identification for small cetaceans. **Reports of the International Whaling Commission** (Special Issue 12), 42-43.
- WÜRSIG, B. & WÜRSIG, M. 1977. The photographic determination of group size, composition, and stability of coastal porpoises (*Tursiops truncatus*). **Science**, 198(4318), 755-756.

- WÜRSIG, B.; RICHARDSON, W.J. 2009. **Noise, Effects of.** In Perrin, W.F.: Würsig, B. & Thewissen, J.G.M. (Eds.) *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd edition. San Diego, Academic Press, 765-773 pp.
- ZERBINI, A. N., & SANTOS, M. D. O. 1997. First record of the pygmy killer whale, *Feresa attenuata*, Gray, 1874. **Aquatic Mammals**, 23(1): 105-111.
- ZERBINI, A.N., ANDRIOLI, A., HEIDE-JORGENSEN, M.P., PIZZORNO, J.L., MAIA, Y.G., VANBLARICOM, G.R., DEMASTER, D.P., SIMÕES-LOPES, P.C., MOREIRA, S., BETHLEM, C. 2006. Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, 313: 295–304
- ZERBINI, A.N.; WARD, E.J.; KINAS, P.G.; ENGEL, M.H. & ANDRIOLI, A. 2011. A Bayesian assessment of the conservation status of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the western South Atlantic Ocean. **Journal of Cetacean Research Management (Special Issue)**, 3: 131–144.
- ZIMMER, W.M., HARWOOD, J., TYACK, P.L., JOHNSON, M.P. & MADSEN, P.T. 2008. Passive acoustic detection of deep-diving beaked whales. **Journal of the Acoustical Society of America**, 124: 2823.
- ZUUR, A.F., IENO, E.N. & SMITH, G.M. 2007. **Analyzing ecological data.** Springer, New York.

**VIII. ANEXOS**

**Anexo IV.1.2-1:** Resultados da identificação genética das amostras por DNAmt e sexagem molecular. \* Espécies identificadas em campo que não foram corroboradas pelos resultados genéticos. N/A = not available. Identificação dos haplótipos: HT = *Tursiops truncatus*, HSO = *Sotalia guianensis*, HDD = *Delphinus delphis*, HSB = *Steno bredanensis*, HSF = *Stenella frontalis*, HSL = *S. longirostris*, HSA = *S. attenuata*, HSC = *S. clymene*, HGM = *Globicephala macrorhynchus*, HO = *Orcinus orca*, HPE = *Peponocephala electra*, HPM = *Physeter macrocephalus*, HBE = *Balaenoptera brydei*, HBB = *B. bonaerensis*, HBM = *B. musculus*, HBP = *B. physalus*, HBb = *B. borealis*, HBA e HGA = *M. novaeangliae*, HEA = *Eubalaena australis*.

Amostras	Haplótipo	Identificação genética DNA Surveillance	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G1	HT1	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G2	HT2	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G3	HSO1	<i>Sotalia guianensis</i>	<i>S. guianensis</i>	<i>S. guianensis</i>	Macho
G4	HSO1	<i>Sotalia guianensis</i>	<i>S. guianensis</i>	<i>S. guianensis</i>	Fêmea
G5	HT3	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G6	HT1	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G7	HT4	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G8	HT3	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G9	HSF1	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G10*	HDD1	<i>Delphinus delphis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>D. capensis</i>	Fêmea
G11*	HDD1	<i>Delphinus delphis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>D. capensis</i>	Fêmea
G12	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G13	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G14	HT2	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G15	HT3	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G16	HSB1	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Macho
G17	HT3	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G18	HT6	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G19	HSB1	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Fêmea
G20	HSL1	<i>Stenella longirostris</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. longirostris</i>	Macho
G21*	HSA1	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G22	HSL2	<i>Stenella longirostris</i>	<i>T. australis</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G23	HSA2	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Fêmea
G24	HBE1	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. edeni</i>	Fêmea
G25	HSL3	<i>Stenella longirostris</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G26	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G27	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G28	HSL4	<i>Stenella longirostris</i>	<i>T. australis</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G29	HSL5	<i>Stenella longirostris</i>	<i>T. australis</i>	<i>S. longirostris</i>	Macho
G30	HBE1	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. edeni</i>	Macho
G31	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G32	HT7	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G33	HT3	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G34	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G35*	HSF1	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. attenuata</i>	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G36	HSF3	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G37	HT8	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G38	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G39	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G40	HSF3	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G41	HSL3	<i>Stenella longirostris</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G42	HBB1	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	<i>B. bonaerensis</i>	<i>B. bonaerensis</i>	Macho
G43	HSF4	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G44	HSC1	<i>Stenella clymene</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. clymene</i>	Fêmea
G45	HBP1	<i>Balaenoptera physalus</i>	<i>B. physalus</i>	<i>B. physalus</i>	Macho
G46	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G47	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G48	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G49	HSF5	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G50	HSF6	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G51	HBA074	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G52	HGA025	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G53	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G54	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G55	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G56	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G57	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G58	HT9	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G59	HDD2	<i>Delphinus delphis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>Delphinus sp.</i>	Macho
G60	HDD3	<i>Delphinus delphis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>Delphinus sp.</i>	Fêmea
G61	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G62	HGA004	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Fêmea
G63	HBb1	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Macho
G64	HSL6	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G65	HSL7	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G66	HBb2	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Macho
G67*	HBE1	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. borealis</i>	N/A
G68*	HBE2	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. borealis</i>	Fêmea
G69	HBP2	<i>Balaenoptera physalus</i>	<i>B. physalus</i>	<i>B. physalus</i>	Fêmea
G70	HBb2	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Fêmea
G71	HBb3	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Macho
G72	HBb4	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Macho
G73	HBb5	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Macho
G74	HBb6	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Macho
G75	HBb7	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G76	HBb8	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Macho
G77	HBb9	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Fêmea
G78	HGA011	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Fêmea
G79	HSF8	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G80	HGM1	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	<i>G. macrorhynchus</i>	<i>Globicephala sp.</i>	Macho
G81	HDD4	<i>Delphinus delphis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>D. delphis</i>	Macho
G82	HSF9	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G83	HSF8	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G84	HT2	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G85	HSL2	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G86	HBE1	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. edeni</i>	Fêmea
G87	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G88	HSL4	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G89	HSL8	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G90	HSF9	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G91	HSF5	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G92	HSF3	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G93	HBE1	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. edeni</i>	Macho
G94	HSL9	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Macho
G95	HSL10	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G96	HSL2	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G97	HSL11	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Macho
G98	HSL12	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G99	HT3	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G100	HT10	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G101	HSL2	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G102	HSL3	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G103	HSL13	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G104	HBE1	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. edeni</i>	Fêmea
G106	HBE1	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. edeni</i>	Fêmea
G107	HBE3	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. edeni</i>	Fêmea
G108	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G109	HT11	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G110	HSB1	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Macho
G111	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G112	HBE1	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. edeni</i>	Macho
G113	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G114	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
GM1	HGA002	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
GM2	HGA002	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
GM3	HGA036	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Fêmea
G115	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G116	HSB2	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Fêmea
G117	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G118	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G119	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G120	HSF3	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G121	HSF3	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G122	HT2	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G123	HT12	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G124	HSF10	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G125	HT3	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G126	HT12	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G127	HT11	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G128	HT13	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G129	HBP3	<i>Balaenoptera physalus</i>	<i>B. physalus</i>	<i>B. physalus</i>	Macho
G130	HBP3	<i>Balaenoptera physalus</i>	<i>B. physalus</i>	<i>B. physalus</i>	Macho
G131	HSC2	<i>Stenella clymene</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. clymene</i>	Fêmea
G132	HSC3	<i>Stenella clymene</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. clymene</i>	Macho
G133	HSC4	<i>Stenella clymene</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. clymene</i>	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G134	HSC5	<i>Stenella clymene</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. clymene</i>	Macho
G135	HBA004	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G136	N/A	N/A	N/A	<i>M. novaeangliae</i>	N/A
G137*	HBB2	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	<i>B. bonaerensis</i>	<i>B. edeni</i>	Fêmea
G138*	HBB3	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	<i>B. bonaerensis</i>	<i>B. edeni</i>	Macho
G139	HBM1	<i>Balaenoptera musculus</i>	<i>B. musculus</i>	<i>B. musculus</i>	Fêmea
G140	HBb10	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Fêmea
G141	HBP4	<i>Balaenoptera physalus</i>	<i>B. physalus</i>	<i>B. physalus</i>	Macho
G142	HBA012	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Fêmea
G143	HT12	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G144	HBA010	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Fêmea
G145	N/A	N/A	N/A	<i>T. truncatus</i>	N/A
G146	HBA002	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G147	HBA002	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G148	HBb7	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Fêmea
G149	HBb2	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Macho
G150	HBA007	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G151	HBA049	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G152	HBB4	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	<i>B. bonaerensis</i>	<i>B. bonaerensis</i>	Macho
G153	HBB5	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	<i>B. bonaerensis</i>	<i>B. bonaerensis</i>	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G154	HSF11	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G155	HSF8	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G156	HBA049	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G157	HBA049	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G158	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G159	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G160	HBM2	<i>Balaenoptera musculus</i>	<i>B. musculus</i>	<i>B. musculus</i>	N/A
G161	HBM2	<i>Balaenoptera musculus</i>	<i>B. musculus</i>	<i>B. musculus</i>	Macho
G162	HBM2	<i>Balaenoptera musculus</i>	<i>B. musculus</i>	<i>B. musculus</i>	N/A
G163	HBM2	<i>Balaenoptera musculus</i>	<i>B. musculus</i>	<i>B. musculus</i>	Macho
G164	HBM2	<i>Balaenoptera musculus</i>	<i>B. musculus</i>	<i>B. musculus</i>	N/A
G165	HO1	<i>Orcinus orca</i>	<i>O. orca</i>	<i>O. orca</i>	Macho
G166	HSF12	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G167	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G168	HT2	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G169	HBP5	<i>Balaenoptera physalus</i>	<i>B. physalus</i>	<i>B. physalus</i>	Fêmea
G170	HEA1	<i>Eubalaena australis</i>	<i>E. australis</i>	<i>E. australis</i>	Macho
G171	HSF8	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G172	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G173	HT14	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G174	HSF8	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G175	HSL14	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G176	HSL15	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G177	HSL16	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G178	HSF8	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G179	HSF3	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G180	HDD3	<i>Delphinus delphis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>D. delphis</i>	Fêmea
G181	HDD1	<i>Delphinus delphis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>D. delphis</i>	Fêmea
G182	HBB1	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. brydei</i>	Fêmea
G183	HBA039	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Fêmea
G184	HGA036	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G185	HGA011	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Fêmea
G186	HBA058	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G187	HBB1	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. brydei</i>	Fêmea
G188	HSL14	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G189	HSL17	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Macho
G190	HSL18	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G191	HPM1	<i>Physeter macrocephalus</i>	<i>P. macrocephalus</i>	<i>P. macrocephalus</i>	Fêmea
G192	HSL15	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G193	HSL1	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G194	HSA1	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Macho
G195	HSA3	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Fêmea
G196	HSA1	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Fêmea
G197	HSL15	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G198	HSL19	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Macho
G199	HSA2	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Fêmea
G200	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G201	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G202	HPM2	<i>Physeter macrocephalus</i>	<i>P. macrocephalus</i>	<i>P. macrocephalus</i>	Fêmea
G203	HPM1	<i>Physeter macrocephalus</i>	<i>P. macrocephalus</i>	<i>P. macrocephalus</i>	Fêmea
G204	HPM1	<i>Physeter macrocephalus</i>	<i>P. macrocephalus</i>	<i>P. macrocephalus</i>	Fêmea
G205	HPM1	<i>Physeter macrocephalus</i>	<i>P. macrocephalus</i>	<i>P. macrocephalus</i>	Fêmea
G206	HSF8	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G207	HSF18	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G208	HT4	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G209	HT4	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G210	HSF8	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G211	HSF3	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G212	HDD5	<i>Delphinus delphis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>D. delphis</i>	Macho
G213	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G214	HSF8	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G215	HSL3	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G216	HSL18	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G217	HSL20	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G218	HSF5	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G219	HSF3	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G220	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G221	HSF19	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G222	HSF19	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G223	HSL21	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Macho
G224	HSL22	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G225	HSL23	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Macho
G226	HSF5	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G227	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G228	HT7	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G229	HSB3	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Fêmea
G230	HSB1	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Fêmea
G231	HSF18	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G232	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G233	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G234	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G235	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G236	HT12	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G237	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G238	HT2	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G239	HT12	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G240	HT12	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G241	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G242	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. capensis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G243	HSF5	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G244	HSL1	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G245	HSL22	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G246	HSL3	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G247	HSL14	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G248	HSA4	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Macho
G249	HSA4	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Fêmea
G250	HSB2	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Macho
G251	HSB2	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Fêmea
G252	HPE1	<i>Peponocephala electra</i>	<i>P. electra</i>	<i>P. electra</i>	Fêmea
G253	HPE2	<i>Peponocephala electra</i>	<i>P. electra</i>	<i>P. electra</i>	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G254	HPE3	<i>Peponocephala electra</i>	<i>P. electra</i>	<i>P. electra</i>	N/A
G255	HPE4	<i>Peponocephala electra</i>	<i>P. electra</i>	<i>P. electra</i>	Fêmea
G256	HSA4	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Fêmea
G257	HPE4	<i>Peponocephala electra</i>	<i>P. electra</i>	<i>P. electra</i>	Macho
G258	HSA1	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Fêmea
G259	HSA4	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Fêmea
G260	HSL24	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G261	HSL1	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G262	HSL14	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G263	HSL14	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G264	HSL2	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Macho
G265	HSL1	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G266	HSL25	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Macho
G267	HSA4	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Macho
G268	HSC1	<i>Stenella clymene</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. clymene</i>	Macho
G269	HSC6	<i>Stenella clymene</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. clymene</i>	Macho
G270	HT1	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G271	HSF3	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G272	HBA036	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G273	HEA2	<i>Eubalaena australis</i>	<i>E. australis</i>	<i>E. australis</i>	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G274	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G275	HBA018	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G276	HT8	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G277	HBA020	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Fêmea
G278	HSB4	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Macho
G279	HBA028	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G280	HBA010	<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	<i>M. novaeangliae</i>	Macho
G281	HSB1	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Fêmea
G282	HBE1	<i>Balaenoptera brydei</i>	<i>B. brydei</i>	<i>B. brydei</i>	Macho
G283	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G284	HO1	<i>Orcinus orca</i>	<i>O. orca</i>	<i>O. orca</i>	Macho
G285	HBb8	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Fêmea
G286	HBb8	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Fêmea
G287	HO1	<i>Orcinus orca</i>	<i>O. orca</i>	<i>O. orca</i>	Macho
G288	HBb4	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Fêmea
G289	HBb9	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Macho
G290	HBb11	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Macho
G291	HBb12	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Macho
G292	HBb13	<i>Balaenoptera borealis</i>	<i>B. borealis</i>	<i>B. borealis</i>	Fêmea
G293	HSL1	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G294	HGM1	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	<i>G. macrorhynchus</i>	<i>Globicephala sp.</i>	Macho
G295	HGM1	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	<i>G. macrorhynchus</i>	<i>Globicephala sp.</i>	Macho
G296	HGM1	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	<i>G. macrorhynchus</i>	<i>Globicephala sp.</i>	Macho
G297	HSF3	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G298	HSF5	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G299	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G300	HSC7	<i>Stenella clymene</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. clymene</i>	Fêmea
G301	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G302	HSF8	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G303	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G304	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G305	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G306	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G307	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G308	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G309	HO1	<i>Orcinus orca</i>	<i>O. orca</i>	<i>O. orca</i>	Macho
G310	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G311	HSF7	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G312	HSF8	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G313	HSA1	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G314	HSL1	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Macho
G315	HSA4	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Fêmea
G316	HSL1	<i>Stenella longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	<i>S. longirostris</i>	Fêmea
G317	HGM1	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	<i>G. macrorhynchus</i>	<i>Globicephala sp.</i>	Fêmea
G318	HGM1	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	<i>G. macrorhynchus</i>	<i>Globicephala sp.</i>	Fêmea
G319	HGM1	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	<i>G. macrorhynchus</i>	<i>Globicephala sp.</i>	Fêmea
G320	HGM1	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	<i>G. macrorhynchus</i>	<i>Globicephala sp.</i>	Fêmea
G321	HT15	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G322	HT14	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G323	HSF5	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G324	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G325	HT5	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G326	HT12	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G327	HT8	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G328	HSB1	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Fêmea
G329	HSB1	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Fêmea
G330	HSB1	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Fêmea
G331	HSB1	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Fêmea
G332	HDD3	<i>Delphinus delphis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>D. delphis</i>	Fêmea
G333	HDD3	<i>Delphinus delphis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>D. delphis</i>	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética <i>DNA Surveillance</i>	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G334	HDD6	<i>Delphinus delphis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>D. delphis</i>	Fêmea
G335	HDD3	<i>Delphinus delphis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>D. delphis</i>	Macho
G336	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G337	HSF13	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G338	HSF13	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G339	HSA4	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Fêmea
G340	HSF2	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G341	HSF3	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Fêmea
G342	HT2	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Macho
G343	HT1	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G344	HT16	<i>Tursiops truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>T. truncatus</i>	Fêmea
G345	HSF3	<i>Stenella frontalis</i>	<i>D. delphis</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G346	HSF8	<i>Stenella frontalis</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. frontalis</i>	Macho
G347	HSB2	<i>Steno bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. bredanensis</i>	Fêmea
G348	HSA4	<i>Stenella attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	<i>S. attenuata</i>	Fêmea
G349	HGM1	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	<i>G. macrorhynchus</i>	<i>Globicephala sp.</i>	Macho
G350	HSC6	<i>Stenella clymene</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. clymene</i>	Fêmea
G351	HSC8	<i>Stenella clymene</i>	<i>S. coeruleoalba</i>	<i>S. clymene</i>	Fêmea

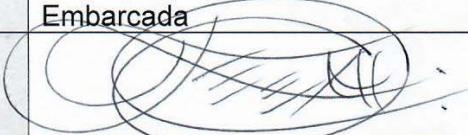
**Anexo V.3.1-1: Diversidade dos locos de microssatélites para as espécies de cetáceos amostradas na Bacia de Santos. n = número de amostras, K = número de alelos por loco.**

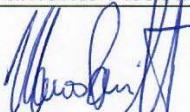
	<i>T. truncatus</i>			<i>S. longirostris</i>			<i>S. frontalis</i>			<i>S. attenuata</i>		
<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>	
EV1	53	11	EV1	48	14	EV1	88	23	EV1	16	9	
EV14	52	14	EV14	48	14	EV14	88	14	EV14	16	13	
KWM2a	55	13	EV37	48	14	EV37	87	9	EV37	16	14	
KWM12a	54	7	EV94	48	16	EV94	88	7	EV94	16	14	
TexVet5	55	9	KWM12a	47	8	KWM2a	85	10	KWM2a	16	9	
TexVet7	54	7	TexVet5	48	8	KWM12a	89	9	KWM12a	16	9	
MK6	42	20	TexVet7	48	6	TexVet5	89	13	TexVet5	16	8	
D08	52	11	MK6	46	15	TexVet7	89	6	TexVet7	16	4	
			D08	48	13	MK6	70	8	MK6	12	12	
						D08	89	16	D08	16	10	
<i>S. clymene</i>			<i>D. delphis</i>			<i>S. bredanensis</i>			<i>S. guianensis</i>			
<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>	
EV1	10	7	EV1	12	13	EV1	14	3	EV14	2	1	
EV14	9	10	EV37	12	8	EV14	15	4	EV37	2	2	
EV37	9	13	KWM2a	12	9	EV37	15	9	EV94	2	1	
EV94	9	11	KWM12a	12	5	EV94	15	9	KWM2a	2	2	
KWM2a	10	12	TexVet5	12	5	KWM12a	15	3	KWM12a	2	2	
KWM12a	10	9	TexVet7	12	5	TexVet5	15	5	TexVet5	2	2	
TexVet5	10	4	MK6	8	8	TexVet7	15	2	TexVet7	2	1	
TexVet7	10	9	D08	12	6	MK6	10	1	MK6	2	2	
MK6	6	6				D08	15	6	D08	2	1	
D08	10	10										
<i>B. musculus</i>			<i>B. borealis</i>			<i>B. physalus</i>			<i>M. novaeangliae</i>			
<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>	
EV1	2	3	EV1	20	14	EV1	5	9	EV1	21	3	
EV14	2	4	EV14	20	14	EV14	5	6	EV37	22	14	
EV37	2	4	EV37	20	14	EV37	5	4	EV94	22	13	
EV94	2	1	EV94	20	10	EV94	5	9	EV96	15	10	
EV96	2	3	EV96	20	11	EV96	5	7	GATA28	22	7	
GATA28	2	3	GATA28	20	8	GATA28	5	7	GATA53	22	9	
GATA53	2	1	GATA53	20	3	GATA417	5	4	GATA41	22	11	

GATA417	2	3	GATA417	20	9	GT23	5	6	464	19	6
GT23	2	3	GT23	20	10	GATA53	3	2	417	22	14
	<i>B. brydei</i>			<i>B. bonaerensis</i>			<i>P. macrocephalus</i>			<i>E. australis</i>	
<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>
EV1	12	3	EV1	5	3	EV1	4	4	EV1	2	3
EV14	12	5	EV14	5	7	EV14	4	3	EV14	2	2
EV37	10	1	EV37	5	6	EV37	4	4	EV37	2	4
EV94	12	2	EV94	5	6	EV94	4	3	EV94	2	1
EV96	11	4	EV96	5	9	GATA28	4	3	GATA28	2	4
GATA28	12	6	GATA28	5	6	GATA53	4	4	GT23	2	4
			GATA41								
GATA53	11	3	7	5	9	GATA417	4	3	RW31	2	2
GATA417	12	6	GT23	5	8	GT23	3	2	RW4-10	2	2
GT23	11	3	GATA53	4	5	TexVet5	4	4	RW48	2	1
						464	3	2			
	<i>P. electra</i>			<i>O. orca</i>			<i>G. macrorhynchus</i>				
<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	<b>Loco</b>	<b>n</b>	<b>K</b>			
EV1	5	4	EV1	4	5	EV1	7	8			
EV14	5	4	EV37	4	6	EV37	9	5			
EV37	5	4	EV94	4	4	EV94	8	8			
EV94	5	4	GATA53	4	3	GATA53	8	9			
GATA53	5	4	KWM2a	4	5	GT23	8	5			
KWM2a	5	7	KWM12a	4	5	MK6	4	3			
KWM12a	5	4	MK6	3	2	464/465	8	8			
MK6	5	1	D08	3	1	417/418	7	4			
D08	5	6	464/465	1	2						
			417/418	4	3						

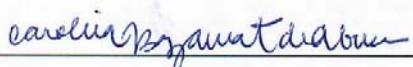
**RESPONSÁVEIS TÉCNICOS PELO RELATÓRIO**

NOME	<i>José Olimpio da Silva Junior</i>
ÁREA PROFISSIONAL	Biólogo, Me.
REGISTRO PROFISSIONAL	09982/03
CADASTRO IBAMA – CTF	311947
ÁREA RESPONSÁVEL	Coordenação Geral
ASSINATURA	

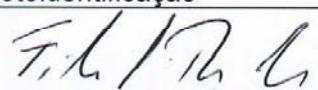
NOME	<i>Leonardo Liberali Wedekin</i>
ÁREA PROFISSIONAL	Biólogo, Dr.
REGISTRO PROFISSIONAL	088478/03
CADASTRO IBAMA – CTF	1643518
ÁREA RESPONSÁVEL	Coordenação Técnica Geral e Coordenação Temática de Avistagem Embarcada
ASSINATURA	

NOME	<i>Marcos Roberto Rossi dos Santos</i>
ÁREA PROFISSIONAL	Biólogo, Dr.
REGISTRO PROFISSIONAL	92436/05
CADASTRO IBAMA – CTF	201030
ÁREA RESPONSÁVEL	Coordenação Temática de Monitoramento Acústico Passivo
ASSINATURA	

NOME	<i>Marta Jussara Cremer</i>
ÁREA PROFISSIONAL	Bióloga, Dra.
REGISTRO PROFISSIONAL	25595/03
CADASTRO IBAMA – CTF	1921695
ÁREA RESPONSÁVEL	Coordenação Temática de Telemetria
ASSINATURA	

NOME	<b>Carolina Bezamat de Abreu</b>
ÁREA PROFISSIONAL	Bióloga, Dra.
REGISTRO PROFISSIONAL	095666/03
CADASTRO IBAMA – CTF	5559028
ÁREA RESPONSÁVEL	Coordenação Temática de Avistagem Aérea – a partir de julho de 2019
ASSINATURA	

NOME	<b>Ana Lúcia Cypriano de Souza</b>
ÁREA PROFISSIONAL	Bióloga, Dra.
REGISTRO PROFISSIONAL	044464/04
CADASTRO IBAMA – CTF	4852432
ÁREA RESPONSÁVEL	Coordenação de Análises Genéticas
ASSINATURA	

NOME	<b>Fabio Gonçalves Daura Jorge</b>
ÁREA PROFISSIONAL	Biólogo, Dr.
REGISTRO PROFISSIONAL	058229/03
CADASTRO IBAMA – CTF	2037448
ÁREA RESPONSÁVEL	Fotoidentificação
ASSINATURA	

NOME	<b>Alexandre Douglas Paro</b>
ÁREA PROFISSIONAL	Biólogo, Me.
REGISTRO PROFISSIONAL	065771/02
CADASTRO IBAMA – CTF	4335746
ÁREA RESPONSÁVEL	Operação e Processamento de MAP
ASSINATURA	