

**Projeto de Monitoramento da Paisagem  
Acústica Submarina da Bacia de  
Santos PMPAS-BS**

**2º Relatório Técnico - Novembro/2015 a dezembro/2017**

**Volume Único**

Revisão 00  
Agosto / 2018



**E&P**



CONTROLE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO	DATA						
00	Documento Original	31/08/2018						
	Original	Rev. 01	Rev. 02	Rev. 03	Rev. 04	Rev. 05	Rev. 06	Rev. 07
Data	08/2018							
Elaboração	William Soares Filho							
Verificação	Cátia Galotta							
Aprovação	Cristiani Perrini							



Coordenador da Equipe



Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018



## ÍNDICE GERAL

I	APRESENTAÇÃO .....	1
I.1	APRESENTAÇÃO DO PROJETO .....	1
I.2	PAISAGEM ACÚSTICA SUBMARINA .....	2
I.3	ESTRUTURA DO RELATÓRIO.....	4
II	ÁREA DE ESTUDO .....	6
II.1	REGIÃO COSTEIRA .....	6
II.2	REGIÃO OCEÂNICA.....	8
III	METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE DADOS.....	11
III.1	MONITORAMENTO MÓVEL.....	11
III.1.1	AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM PERFILADORES	11
III.1.2	AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM GLIDERS	11
III.2	MONITORAMENTO FIXO .....	13
III.2.1	AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS RASOS (OSs)	13
III.2.2	AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS (LFIs)	14
III.3	DADOS AMBIENTAIS .....	15
III.4	DENSIDADE DE EMBARCAÇÕES.....	15
III.5	GEOREFERENCIAMENTO DOS DADOS ACÚSTICOS .....	16
III.6	SINCRONIZAÇÃO TEMPORAL DOS DADOS ACÚSTICOS.....	16
IV	METODOLOGIA DE PROCESSAMENTO E ARQUIVAMENTO DOS DADOS .....	17
IV.1	CONSISTÊNCIA E QUALIFICAÇÃO DOS DADOS .....	17
IV.2	SISTEMA DE INFORMAÇÕES .....	18
IV.3	CRITÉRIOS DE DETECÇÃO DE NAVIOS.....	19
IV.4	CRITÉRIOS DE DETECÇÃO DE BIOFONIA .....	20
IV.5	PROCESSAMENTO.....	21
IV.5.1	DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS PROCESSADOS	21
IV.5.2	OUTROS PROCESSAMENTOS	22
IV.5.3	APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS	23
IV.5.3.1	RESOLUÇÃO ESPACIAL PLANA .....	23



IV.5.3.2	RESOLUÇÃO ESPACIAL VERTICAL.....	23
IV.5.3.3	RESOLUÇÃO ESPECTRAL.....	24
IV.5.3.4	RESOLUÇÃO TEMPORAL.....	24
IV.5.3.5	DENSIDADE AMOSTRAL ESPACIAL.....	25
IV.5.3.6	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA ESPACIAL.....	26
IV.5.3.7	NÍVEL DA PRESSÃO SONORA TEMPORAL.....	26
IV.5.3.8	ESPECTROS DE 1/3 DE OITAVAS.....	27
IV.5.3.9	ESPECTROGRAMAS.....	28
IV.5.4	PERFILADORES ACÚSTICOS.....	28
IV.5.5	GLIDERS.....	29
IV.5.6	OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS.....	30
IV.5.7	LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS.....	31
IV.5.8	DADOS AMBIENTAIS.....	32
IV.5.9	DENSIDADE DE NAVIOS.....	32
V	ATIVIDADES NO PERÍODO.....	34
V.1	HISTÓRICO.....	34
V.2	PRODUÇÃO DOS SERVIÇOS NO PERÍODO.....	34
V.2.1	RECEBIMENTO E PROCESSAMENTO DOS SINAIS ACÚSTICOS.....	34
V.2.2	SISTEMA DE INFORMAÇÃO.....	35
V.3	RESULTADOS NO PERÍODO.....	39
V.3.1	PERFILADORES ACÚSTICOS.....	39
V.3.1.1	CICLOS DE COLETA.....	39
V.3.1.2	TEMPOS DE VIDA DOS PERFILADORES.....	41
V.3.1.3	TRAJETÓRIA DOS PERFILADORES.....	42
V.3.1.4	MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS.....	43
V.3.2	GLIDERS.....	44
V.3.2.1	CICLOS DE COLETA.....	44
V.3.2.2	TRAJETÓRIAS DOS GLIDERS.....	45
V.3.2.3	MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS.....	45
V.3.3	OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS.....	46
V.3.3.1	CICLOS DE COLETA.....	46
V.3.3.2	MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS.....	48
V.3.4	LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS.....	49



V.3.4.1	CICLOS DE COLETA .....	49
V.3.4.2	MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS .....	50
V.4	ANÁLISES PRELIMINARES NO PERÍODO .....	51
V.4.1	ANÁLISES TEMPORAIS .....	51
V.4.1.1	AVALIAÇÃO DOS SINAIS GRAVADOS PELOS OSs .....	51
V.4.1.2	EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS ESPECTRAIS (OSs) .....	53
V.4.1.3	DETECÇÃO DE NAVIOS NOS OSs .....	63
V.4.1.4	DETECÇÃO DE BIOFONIA NOS GLIDERS .....	65
V.4.1.5	EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS ESPECTRAIS (LFIs) .....	67
V.4.2	ANÁLISES ESPACIAIS .....	80
V.4.2.1	DENSIDADE AMOSTRAL DOS PERFILADORES .....	80
V.4.2.2	OBSERVAÇÕES SOBRE AS MEDIÇÕES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PELOS PERFILADORES .....	80
V.4.2.3	DENSIDADE AMOSTRAL DOS GLIDERS .....	86
V.4.2.4	OBSERVAÇÕES SOBRE AS MEDIÇÕES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PELOS GLIDERS .....	86
V.4.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	92
V.4.3.1	DISTRIBUIÇÃO DAS MEDIÇÕES DE SPL <sub>50p</sub> DE PERFILADORES E GLIDERS .....	92
V.4.3.2	CORRELAÇÃO DE MEDIÇÕES DE PERFILADORES E DADOS AMBIENTAIS E DE TRÁFEGO .....	94
V.4.4	OUTRAS ANÁLISES .....	96
V.4.4.1	PERÍODOS DOS CICLOS DE COLETA DOS PERFILADORES .....	96
V.4.4.2	AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE CORRENTES MARINHAS NAS MEDIÇÕES DAS LFIs .....	98
V.4.4.3	INVESTIGAÇÃO SOBRE SINAIS OBTIDOS NAS LFIs .....	106
VI	SISTEMA DE MODELAGEM ACÚSTICA SUBMARINA .....	110
VI.1	DESCRIÇÃO .....	110
VI.2	RESULTADOS PRELIMINARES .....	111
VII	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	114
VII.1	PRINCIPAIS INFORMAÇÕES DO PERÍODO .....	114
VII.2	MONITORAMENTO MÓVEL .....	114
VII.3	OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS .....	115



VII.4	LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS.....	116
VII.5	BIOFONIA.....	117
VII.6	MODELAGEM DA PROPAGAÇÃO ACÚSTICA.....	118
VII.7	PERSPECTIVAS FUTURAS .....	118
VIII	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
APÊNDICE A	EQUIPE TÉCNICA.....	124
A.1	PETROBRAS.....	124
A.2	INSTITUTO DE PESQUISAS DA MARINHA (IPqM) .....	125
APÊNDICE B	PERFILADOR ACÚSTICO (PABLO) .....	126
B.1	PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO .....	126
B.2	AQUISIÇÃO DE DADOS ACÚSTICOS .....	127
B.3	PARÂMETROS ACÚSTICOS FORNECIDOS PELO EQUIPAMENTO .....	127
B.4	DADOS COMPLEMENTARES .....	128
APÊNDICE C	GLIDER .....	129
C.1	PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO .....	129
C.2	AQUISIÇÃO DE DADOS ACÚSTICOS .....	130
C.3	PARÂMETROS ACÚSTICOS FORNECIDOS PELO EQUIPAMENTO .....	131
C.4	DADOS COMPLEMENTARES .....	131
APÊNDICE D	OBSERVATÓRIO SUBMARINO (OS) .....	132
D.1	DESCRIÇÃO DO OCEANPOD.....	132
D.2	DESCRIÇÃO DO SAASS_MK1.....	133
D.3	DESCRIÇÃO DO SAASS_MK2.....	134
APÊNDICE E	LINHA DE FUNDEIO INSTRUMENTADA (LFI).....	135
E.1	DESCRIÇÃO DO AMAR-G3.....	135
APÊNDICE F	PROCESSAMENTO DE DADOS ACÚSTICOS.....	137
F.1	EQUALIZAÇÃO DOS SINAIS.....	137
F.2	PARÂMETROS ACÚSTICOS.....	137
F.3	QUALIFICAÇÃO DOS SINAIS.....	139
F.4	DETECÇÃO DE EVENTOS.....	143
F.4.1	RUÍDO PRÓPRIO - GLIDER .....	144
F.4.2	RUÍDO DE FLUXO - GLIDER .....	146
F.4.3	DETECÇÃO DA PASSAGEM DE EMBARCAÇÕES .....	147





---

F.4.3.1	PROCESSAMENTO DO RUÍDO IRRADIADO .....	149
F.4.4	DETECÇÃO DE VOCALIZAÇÃO DE ANIMAIS MARINHOS.....	150



  
\_\_\_\_\_  
Coordenador da Equipe



  
\_\_\_\_\_  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

## FIGURAS

Figura I.2-1: O conceito de Paisagem Acústica Submarina (Fonte: Adaptada de CAMPBELL, 2018).....	3
Figura II.1-1: Observatório Submarino na Baía da Guanabara.....	6
Figura II.1-2: Observatório Submarino na Baía da Ilha Grande.....	7
Figura II.1-3: Observatório Submarino na entrada do Canal do Porto de São Sebastião.....	7
Figura II.2-1: Região da Bacia de Santos, mostrando a Área Geográfica da Bacia de Santos (AGBS, linha vermelha). As cruces vermelhas representam a posição de plataformas.....	8
Figura II.2-2: Regiões de Interesse e posições de embarcações e unidades marítimas a serviço da Petrobras (janela superior) e de terceiros (janela inferior).....	10
Figura IV.5.3.1-1: Exemplo do sinal acústico durante a passagem de uma embarcação por um OS.....	19
Figura IV.5.3.1-2: Espectros obtidos antes e durante a passagem do navio.....	20
Figura IV.5.3.5-1: Exemplo da distribuição espacial da Densidade Amostral para as profundidades entre 0 e 100 m.....	25
Figura IV.5.3.6-1: Exemplo da distribuição espacial dos Níveis de Pressão Sonora para as profundidades entre 0 e 100 m.....	26
Figura IV.5.3.7-1 – Exemplo de apresentação do Nível da Pressão Sonora em função do tempo, com resolução temporal de um minuto.....	27
Figura IV.5.3.8-1: Exemplo de espectro de 1/3 de oitava médio e nos percentis de 5%, 50% e 95% do ruído gravado em um OS.....	27
Figura IV.5.3.9-1: Exemplo de um espectrograma correspondente a doze minutos de gravação em um trecho em que se pode observar a passagem de duas embarcações....	28
Figura IV.5.4-1: Exemplo de espectro de Nível de Pressão Sonora média e nos percentis de 5%, 50% e 95%, transmitido por um perfilador, em 26/01/2017, para a profundidade de 183 m.....	29
Figura IV.5.5-1: Exemplo de espectro de Nível de Pressão Sonora média e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculado a partir de um sinal gravado por um glider em 14/11/2017, para a profundidade de 592 m.....	30
Figura IV.5.6-1: Exemplo de espectro de Nível de Pressão Sonora média e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculado a partir de um sinal gravado em um OS em 17/07/2017, para a profundidade de 24 m.....	31
Figura IV.5.7-1: Exemplo de espectro de Nível de Pressão Sonora média e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculado a partir de um sinal gravado em uma LFI em 26/11/2017, para a profundidade de 200 m.....	32
Figura V.2.2-1: Trajetória dos PABLOs (oito campanhas) até dezembro de 2017 - últimos 50 pontos.....	37
Figura V.2.2-2: Espectros gravados (média e percentis de 5%, 50% e 95%) para o PABLO P040501.....	37
Figura V.2.2-3: Mapa de energia para o parâmetro acústico $SPL_{125Hz}$ e profundidade de 100 m.....	38
Figura V.2.2-4: Espectros de 1/3 de oitava nas bandas de 10 Hz até o limite possível no percentil de 50%.....	38
Figura V.3.1.1-1: Pontos planejados de lançamento dos PABLOs. (Fonte: ProOceano).....	41



Figura V.3.1.2-1: Linha de tempo dos 78 perfiladores lançados até janeiro de 2018, em oito campanhas.....	42
Figura V.3.1.3-1: Trajetórias dos 78 perfiladores lançados desde o início do projeto até o dia 15/01/2018.....	43
Figura V.3.2.2-1: Trajetórias percorridas pelos gliders lançados nos 17 primeiros ciclos.....	45
Figura V.3.3.2-1: Diagrama temporal indicando as gravações executadas em cada um dos lançamentos analisados neste relatório. As linhas inclinadas no gráfico correspondem a trechos onde as gravações foram realizadas de forma pulsada, com 30 minutos de gravação por 90 minutos de pausa.....	48
Figura V.3.4.1-1: Mapa da costa sul-sudeste do Brasil mostrando a localização dos fundeios instalados. As cruzes vermelhas indicam a posição de algumas plataformas de Petrobras. (Fonte: Gardline).....	49
Figura V.4.1.1-1: Trecho de sinal com o ruído ambiente.....	52
Figura V.4.1.1-2: Exemplo de sinal de passagem de dois navios captados no OS da Baía de Guanabara.....	52
Figura V.4.1.1-3: Espectrograma de sinais durante a passagem de um navio.....	53
Figura V.4.1.2-1: Evolução temporal do parâmetro SPL <sub>50p</sub> .....	54
Figura V.4.1.2-2: Ampliação de um trecho do gráfico da Figura V.4.1.2-1.....	54
Figura V.4.1.2-3: SPL <sub>esp_50p</sub> , em dB re 1 µPa, no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS1 (BG).....	55
Figura V.4.1.2-4: SPL <sub>esp_50p</sub> , em dB re 1 µPa, no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS1 (BG).....	56
Figura V.4.1.2-5: Evolução temporal do parâmetro SPL <sub>50p</sub> na Baía de Ilha Grande.....	57
Figura V.4.1.2-6: Ampliação de um trecho do gráfico, com intervalo de dois dias.....	57
Figura V.4.1.2-7: SPL <sub>esp_50p</sub> , em dB re 1 µPa, no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2 (IG).....	58
Figura V.4.1.2-8: SPL <sub>esp_50p</sub> , em dB re 1 µPa, no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2 (IG).....	59
Figura V.4.1.2-9: SPL <sub>esp_50p</sub> , em dB re 1 µPa, na no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 1.000 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2.....	59
Figura V.4.1.2-10: Espectrograma dos sinais gravados no OS2 durante 24 horas, no dia 21 de setembro de 2017.....	60
Figura V.4.1.2-11: Evolução temporal do parâmetro SPL <sub>50p</sub> no OS3.....	61
Figura V.4.1.2-12: Ampliação de um trecho do gráfico da Figura V.4.1.2-11.....	61
Figura V.4.1.2-13: SPL <sub>esp_50p</sub> , em dB re 1 µPa, no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3 (SS).....	62
Figura V.4.1.2-14: SPL <sub>esp_50p</sub> , em dB re 1 µPa, no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3 (SS).....	62
Figura V.4.1.2-15: SPL <sub>esp_50p</sub> , em dB re 1 µPa, na no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 398 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3.....	63
Figura V.4.1.4-1: Espectrograma de assobios e cliques associados, provavelmente à vocalização de odontocetos.....	65
Figura V.4.1.4-2: Espectrograma de cliques e sons pulsados associados, provavelmente, à vocalização de odontocetos.....	66



Figura V.4.1.4-3: Espectrograma de gemidos ou cantos produzidos, provavelmente, por um misticeto.....	66
Figura V.4.1.5-1: $SPL_{50p}$ para a LFI-FA02, nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia e, nos três gráficos inferiores, separado por hora do dia da medição.....	68
Figura V.4.1.5-2: $SPL_{50p}$ para a LFI-FA02, nas profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo) em função do dia de medição, para cada banda do espectro de 1/3 de oitava.....	69
Figura V.4.1.5-3: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).....	70
Figura V.4.1.5-4: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).....	71
Figura V.4.1.5-5: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 500 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).....	72
Figura V.4.1.5-6: $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 1.000 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).....	73
Figura V.4.1.5-7: $SPL_{50p}$ para a LFI-FA02, nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia e, nos três gráficos inferiores, separado por hora do dia da medição.....	74
Figura V.4.1.5-8: $SPL_{50p}$ para a LFI-FA04, nas profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo), em função do dia de medição, para cada banda do espectro de 1/3 de oitava.....	75
Figura V.4.1.5-9: $SPL_{esp\_50p}$ para a LFI-FA04, em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).....	76
Figura V.4.1.5-10: $SPL_{esp\_50p}$ para a LFI-FA04, em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).....	77
Figura V.4.1.5-11: $SPL_{esp\_50p}$ para a LFI-FA04, em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 500 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).....	78
Figura V.4.1.5-12: $SPL_{esp\_50p}$ para a LFI-FA04, em dB re 1 $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 1.000 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).....	79
Figura V.4.2.1-1: Densidade amostral dos perfiladores nas faixas de profundidades entre 0 e 100 m (quadro esquerdo), 150 e 300 m (quadro central), 900 e 1.100 m (quadro direito).....	80
Figura V.4.2.2-1: Níveis de Pressão Sonora de pico $SPL_{pico}$ nas 3 faixas de profundidade.....	81
Figura V.4.2.2-2: Níveis de Pressão Sonora $SPL_{esp\_50p}$ nas 3 faixas de profundidade.....	81
Figura V.4.2.2-3: Níveis de Pressão Sonora do percentil de 50%, nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz, nas 3 faixas de profundidade.....	82
Figura V.4.2.2-4: Níveis de Pressão Sonora de do espectro no percentil de 50%, nas bandas com frequência central de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz nas três faixas de profundidade e comparadas na 3 Regiões.....	85
Figura V.4.2.3-1: Densidade amostral dos gliders nas faixas de profundidades entre 0 e 100 m (quadro esquerdo), 150 e 300 m (quadro central), 900 e 1.100 m (quadro direito).....	86



Figura V.4.2.4-1: Níveis de Pressão Sonora pico SPL <sub>pico</sub> nas três faixas de profundidade. ....	86
Figura V.4.2.4-2: Níveis de Pressão Sonora SPL <sub>esp_50p</sub> nas três faixas de profundidade.....	87
Figura V.4.2.4-3: SPL <sub>63Hz</sub> (1ª linha), SPL <sub>125Hz</sub> (2ª linha), SPL <sub>500Hz</sub> (3ª linha) e SPL <sub>1000Hz</sub> (4ª linha) para 0 a 100 m (1ª coluna), 150 a 300 m (2ª coluna) e 900 a 1.100 m (3ª coluna)...	88
Figura V.4.2.4-4: Níveis de Pressão Sonora, para os gliders, do espectro no percentil de 50%, nas bandas com frequência central de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz nas três faixas de profundidade e comparadas nas três regiões. ....	91
Figura V.4.3.1-1: Histograma e distribuição normal para SPL <sub>63Hz</sub> (1ª linha), SPL <sub>125Hz</sub> (2ª linha), SPL <sub>500Hz</sub> (3ª linha) e SPL <sub>1000Hz</sub> (4ª linha) para as Regiões 1 (1ª coluna), 2 (2ª coluna) e 3 (3ª coluna) e faixa de profundidade de 0 a 100 m. ....	93
Figura V.4.3.2-1: ANOVA para o SPL <sub>50p</sub> nas bandas de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz para faixa de profundidade de 0 a 100 m. ....	95
Figura V.4.4.1-1: Profundidade (dBar) das janelas acústicas em função da hora do dia (gráfico central) e histogramas da profundidade (gráfico da direita) e da hora do dia (gráfico inferior) nas quais as medições foram realizadas.....	96
Figura V.4.4.1-2: Histograma do intervalo de tempo entre as janelas acústicas.....	97
Figura V.4.4.1-3: Histograma da distância percorrida entre as posições GPS obtidas pelos perfiladores.....	97
Figura V.4.4.1-4: Histograma do tempo gasto entre a obtenção da posição GPS e o mergulho do perfilador.....	98
Figura V.4.4.2-1: Velocidade da corrente oceânica para a LFI-FA02, nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia e, nos três gráficos inferiores, separado por hora do dia da medição. ....	100
Figura V.4.4.2-2: Velocidade da corrente oceânica para a LFI-FA04, nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia e, nos três gráficos inferiores, separado por hora do dia da medição. ....	101
Figura V.4.4.2-3: Correlação entre SPL <sub>50P</sub> e a velocidade de corrente para as LFI-FA02 (em cima) e LFI-FA04 (embaixo), para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, por banda do espectro de 1/3 de oitava, usando todo o tempo disponível. ....	102
Figura V.4.4.2-4: Correlação entre SPL <sub>50P</sub> e a velocidade de corrente para a LFI-FA02, a 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo), por banda do espectro de 1/3 de oitava, por intervalos de tempo de quatro dias. ....	104
Figura V.4.4.2-5: Correlação entre SPL <sub>50P</sub> e a velocidade de corrente para a LFI-FA04, a 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo), por banda do espectro de 1/3 de oitava, por intervalos de tempo de quatro dias. ....	105
Figura V.4.4.3-1: Espectrograma de um arquivo gravado na LFIs, a 50 m de profundidade. ....	107
Figura V.4.4.3-2: Espectrograma de um arquivo gravado na LFIs, a 50 m de profundidade. ....	107
Figura V.4.4.3-3: Espectrograma de um arquivo gravado nas LFIs, a 50 m de profundidade. ....	108
Figura V.4.4.3-4: Espectrograma de um arquivo gravado nas LFIs, a 50 m de profundidade. ....	108
Figura V.4.4.3-5: Espectrograma de um arquivo gravado nas LFIs, a 50 m. ....	109
Figura VI.2-1: Simulação realizada para o dia 31 de janeiro de 2016, 50 m de profundidade....	112
Figura VI.2-2: Simulação realizada para o dia 31 de janeiro de 2016, 200 m de profundidade. .	113
Figura VI.2-3: Simulação realizada para o dia 01 de janeiro de 2016, 200 m de profundidade. .	113
Figura B.1-1: Representação de um ciclo de mergulho de um perfilador PABLO (Fonte: ProOceano). ....	126



Figura B.3-1: Divisão do áudio obtido pelos PABLOs para cálculo dos parâmetros acústicos espectrais (Fonte: ProOceano).....	127
Figura C.1-1: Representação esquemática dos mecanismos de controle de fluabilidade, arfagem e rolagem do Seaglider. Retirado de Rochinha (2015). (Fonte: ProOceano).....	129
Figura C.2-1: Diagrama esquemático apresentando as etapas de um mergulho do glider. (Fonte: ProOceano).....	130
Figura D.1-1: OceanPod (à esquerda) e ADCP (à direita) instalados na poita de um observatório submarino. ....	133
Figura E.1-1: Gravador acústico AMAR-G3, mostrando seus conectores e plugs. (Fonte: JASCO).....	136
Figura F.2-1: Divisão do áudio obtido pelos PABLOs para cálculo dos parâmetros acústicos espectrais (Fonte: ProOceano).....	138
Figura F.2-2: Divisão do sinal de áudio para cálculo dos parâmetros acústicos espectrais dos gliders, OSs e LFI. ....	138
Figura F.3-1: Histogramas para as diferenças, em dB, entre os parâmetros $SPL_{xxx}$ e o parâmetro $SPL_{esp\_50p}$ .....	141
Figura F.3-2: Histogramas dos parâmetros $SPL_{Norm\_xxx}$ . O histograma para o parâmetro $SPL_{Norm\_esp\_5p}$ foi invertido para acompanhar o comportamento dos outros parâmetros. .	142
Figura F.3-3: Distribuição acumulada dos parâmetros $SPL_{Norm\_xxx}$ . A escala horizontal representa, para cada parâmetro $SPL_{Diff\_xxx}$ , o número de desvios $MAD_{Diff\_xxx}$ em torno da sua mediana $MAD_{Diff\_xxx}$ .....	143
Figura F.4.1-1: Espectrograma dos ruídos próprios produzidos pelo glider. Os pulsos retangulares menores são relativos aos motores de atitude do glider e o pulso no final, de maior amplitude e duração, é relativo à bomba hidráulica. (Fonte: ProOceano).....	145
Figura F.4.1-2: Recorte de uma seção da tabela de resultados do programa de classificação de ruídos. (Fonte: ProOceano).....	145
Figura F.4.2-1: Histograma da velocidade vertical do glider no teste de ruído de fluxo. As linhas verticais vermelhas delimitam as velocidades menores que 14 cm/s (-0,14 m/s < $v$ < 0,14 m/s). ....	147
Figura F.4.3-1: Exemplo do sinal acústico durante a passagem de uma embarcação por um OS.....	148
Figura F.4.3-2: Espectros do ruído recebido por um OS antes e durante a passagem de uma embarcação. ....	149



## TABELAS

Tabela III.2.2-1: Profundidade local das linhas de fundeio instrumentadas .....	14
Tabela IV.5.3.3-1: Frequência central das bandas dos filtros de 1/3 de oitava, em Hz, em função do número da banda. ....	24
Tabela V.3.1.1-1: Dados dos perfiladores lançados até o final do segundo semestre de 2017....	39
Tabela V.3.1.4-1: Janelas acústicas gravadas por faixa de profundidade. ....	43
Tabela V.3.2.1-1: Dados operacionais de cada ciclo do glider. ....	44
Tabela V.3.2.3-1: Informações dos dados acústicos coletados por ciclo. ....	46
Tabela V.3.3.1-1: Dados dos arquivos gravados nas campanhas.....	47
Tabela V.3.4.1-1: Posições das Linhas de Fundeio Instrumentadas. (Fonte: Gardline) .....	49
Tabela V.3.4.2-1: Dados Operacionais das linhas FA02 e FA04.....	50
Tabela V.4.1.3-1: Número de embarcações detectadas em cada lançamento. ....	64
Tabela V.4.2.2-1: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade. ....	83
Tabela V.4.2.2-2: Valores mínimos e máximos de SPL por banda e faixas de profundidade e suas localizações .....	83
Tabela V.4.2.2-3: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade nas regiões de interesse. ....	85
Tabela V.4.2.4-1: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade. ....	89
Tabela V.4.2.4-2: Valores mínimos e máximos de SPL por banda e faixas de profundidade e suas localizações .....	89
Tabela V.4.2.4-3: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade nas regiões de interesse. ....	91
Tabela V.4.3.2-4: Correlações para o período de junho de 2016 a maio de 2017 (todos os resultados atenderam o nível de significância de 5%, p-value < 0,05).....	94
Tabela F.3-1: Valores da média, mediana, desvio padrão e desvio absoluto mediano (MAD) para as diferenças $SPL_{Dif\_xxx}$ , em dB. ....	142
Tabela F.4.4-1: Parâmetros dos detectores usados para a pesquisa por sinais biológicos.....	151







## ANEXOS




*Bao*  
Coordenador da Equipe



*nloay*  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018



## I APRESENTAÇÃO

### I.1 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

O Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina na Bacia de Santos (PMPAS-BS) foi elaborado e proposto para atender às solicitações do Termo de Referência 002/2013, emitido pela CGPEG/DILIC/IBAMA, no âmbito do processo de licenciamento ambiental dos Projetos de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural no Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2. O projeto tem como objetivo a caracterização da paisagem acústica submarina e o monitoramento do nível de ruído submarino na região do Polo Pré-Sal na Bacia de Santos e nas rotas de navegação preferenciais que servem a região. O propósito é realizar medições pioneiras da paisagem acústica nesta extensa bacia e avaliar ruídos acústicos de origem antropogênica que possam ter suas fontes relacionadas com o incremento das atividades de produção na região. Como uma de suas possíveis aplicações, estas medições poderão também subsidiar estudos e pesquisas de impactos sobre a biota marinha.

Nesse sentido, o escopo de levantamento de dados do PMPAS-BS compreende:

- **Monitoramento Móvel:** realizado através de equipamento de navegação autônoma do tipo *glider* e perfiladores acústicos de livre deriva;
- **Monitoramento Fixo Costeiro:** realizado através de observatórios submarinos rasos instalados em regiões costeiras da Bacia de Santos;
- **Monitoramento Fixo Oceânico:** realizado com a instalação de linhas de fundeio instrumentadas próximas a unidades de produção e rotas de navegação.

O PMPAS-BS tem uma magnitude de medições acústicas oceânicas que é pioneira na América Latina e com nenhum similar no mundo, pois será monitorada uma enorme área (36.000 km<sup>2</sup>) e serão usados diversos



equipamentos com distintos métodos e sensores de aquisição acústica. O maior desafio desta etapa inicial do projeto é garantir a qualidade e a intercambiabilidade dos dados medidos pelos diversos equipamentos, para que em uma próxima etapa possam ser realizados estudos abrangentes com a integração dos resultados dos dados medidos pelos diferentes componentes (monitoramento móvel, fixo oceânico e fixo costeiro).

## **1.2 PAISAGEM ACÚSTICA SUBMARINA**

Nas últimas décadas, os estudos na área de Acústica Submarina têm crescido significativamente e se tornado mais difundidos, porém essa área tem sido investigada desde o século XV. Em 1490, o cientista Leonardo Da Vinci, relatou em suas anotações o que seria o primeiro método de escuta submarina passiva (URICK, 1983). Três séculos após Da Vinci, os cientistas Jean-Daniel Colladon e Charles-François Sturm realizaram a primeira tentativa registrada para determinar a velocidade do som na água. Como sugerido por Da Vinci, eles utilizaram um tubo para ouvir o som debaixo de água e estimar a velocidade do som de um sino submerso naquele meio (MEDWIN, 1998). No entanto, o início mais efetivo de pesquisas nessa área ocorreu no Século XX, período marcado pelo naufrágio do navio Titanic, duas guerras mundiais e a invenção do computador. Assim, devido às necessidades relacionadas à segurança e o aumento da capacidade de cálculos matemáticos complexos, as pesquisas e desenvolvimento em Acústica Submarina ganharam força e começaram a ser incentivadas. As principais áreas estudadas foram Navegação Sonar e Localização de Fontes, dentre outras.

Estudos sobre paisagem acústica começaram a surgir no final da década de 60 com o trabalho de Southworth (1969), que foi um dos primeiros a utilizar o termo paisagem acústica. O autor abordou a percepção das pessoas em relação aos sons produzidos no ambiente urbano e as atividades que ocorrem dentro das cidades.

Mais tarde, a criação do *World Soundscape Project* (WSP), liderado por Raymond Murray Schafer, da Simon Fraser University, no Canadá, surgiu como



uma tentativa de chamar a atenção para o aumento da poluição sonora em Vancouver. Como resultado de estudos feitos pelo WSP, Schafer (1977) reconheceu que os sons são propriedades ecológicas da paisagem, afirmando que as características acústicas de uma área podem refletir seus processos naturais.

Dez anos depois, Krause (1987) dirigiu seu olhar para a descrição da complexa combinação dos sons biológicos com os outros sons do ambiente, introduzindo o termo biofonia, para retratar os sons oriundos de organismos e geofonia, para os sons de origem não biológica. Pijanowski *et al.* (2011) introduziram o termo antropofonia, referindo-se aos sons de origem antropogênica. Desta forma, o termo paisagem acústica (Figura 1.2-1) tem sido utilizado para descrever a relação entre determinada paisagem e sua composição sonora, incluindo a biofonia, geofonia e antropofonia (PIJANOWSKI *et al.*, 2011).

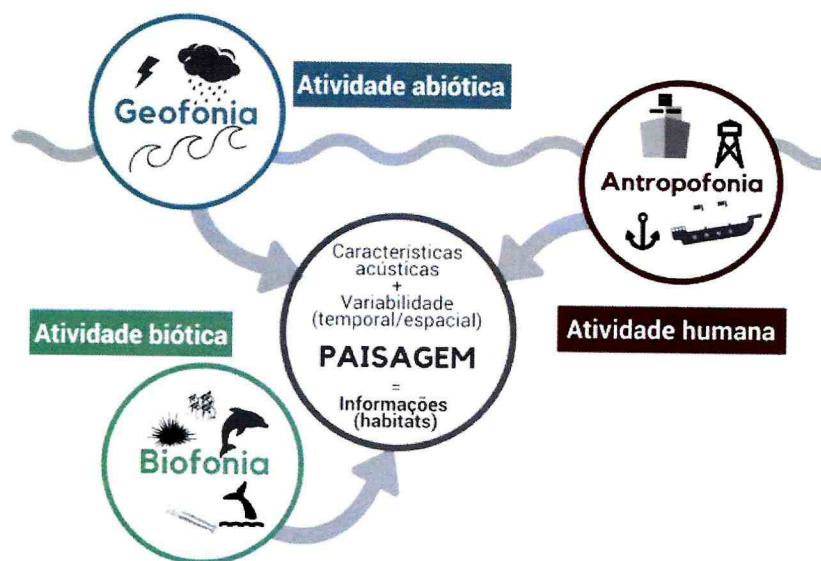


Figura 1.2-1: O conceito de Paisagem Acústica Submarina (Fonte: Adaptada de CAMPBELL, 2018).

### 1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

No Capítulo I, o PMPAS-BS é apresentado de forma sucinta, evidenciando seu contexto, objetivos e principais desafios. Além disso, é apresentado um breve histórico sobre o conceito de Paisagem Acústica Submarina.

No Capítulo II (Área de estudo) é feita uma descrição da área de estudo com foco nas regiões em que são realizados os monitoramentos fixo e móvel.

No Capítulo III (Metodologia de Aquisição de Dados), são apresentados os métodos de coleta adotados no monitoramento acústico deste projeto. Os princípios de operação dos equipamentos utilizados (perfiladores, *gliders*, Observatórios Submarinos - OS e os instalados em Linhas de Fundeio Instrumentadas - LFI) e as metodologias adotadas para os levantamentos são descritos. Mais detalhes sobre cada equipamento são apresentados em Apêndices.

No Capítulo IV (Metodologia de Processamento e Arquivamento dos Dados), são apresentados: a descrição do Sistema de Informações adotado, que está sendo construído para o processamento e arquivamento dos dados acústicos; a metodologia da qualificação, processamento e arquivamento dos dados; a descrição dos critérios para a seleção dos parâmetros a serem acompanhados; os critérios adotados para a detecção de biofonias e de embarcações; a descrição de algumas das formas de apresentação de resultados sendo adotadas e as particularidades de processamento de cada um dos equipamentos. Mais detalhes sobre o processamento e a apresentação são apresentados em Apêndices.

O Capítulo V (Atividades no Período) descreve as atividades realizadas no período de cobertura do Relatório, incluindo a situação do desenvolvimento do sistema de processamento e arquivamento; a descrição dos ciclos de coleta e as medições acústicas realizadas no período, para cada equipamento, e seu processamento. Este capítulo também apresenta os resultados de análises temporal, espacial, estatística e outras, realizadas sobre os dados coletados no período, de acompanhamento de parâmetros ou de investigação de eventos.



O Capítulo VI (Sistema de Modelagem Acústica Submarina) relata a situação do Sistema de Modelagem Acústica Submarina e os resultados obtidos até o momento.

O Capítulo VII (Considerações Finais) resume as principais informações observadas neste relatório, assim como perspectivas futuras. O Capítulo VIII traz as referências bibliográficas.

Por fim, são apresentados seis apêndices que descrevem, com mais detalhes, a equipe técnica, os equipamentos de coleta, o processamento dos dados acústicos coletados e dos dados complementares.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

## II ÁREA DE ESTUDO

### II.1 REGIÃO COSTEIRA

Na região costeira, foram instalados os observatórios submarinos, posicionados nas entradas de três regiões com alto tráfego de navios, tanto da Petrobras como de terceiros. Um dos objetivos das gravações é obter os níveis de ruído irradiado por estes navios, de forma a permitir o uso destes níveis como entrada para a construção de um modelo para o cálculo de um mapa geográfico dos níveis de ruído acústico na área da Baía de Santos. Os pontos selecionados foram a entrada da Baía de Guanabara, a Baía de Ilha Grande e a entrada do Canal do Porto de São Sebastião. As Figuras II.1-1, II.1-2 e II.1-3 mostram mapas das posições dos Observatórios Submarinos.



Figura II.1-1: Observatório Submarino na Baía da Guanabara.





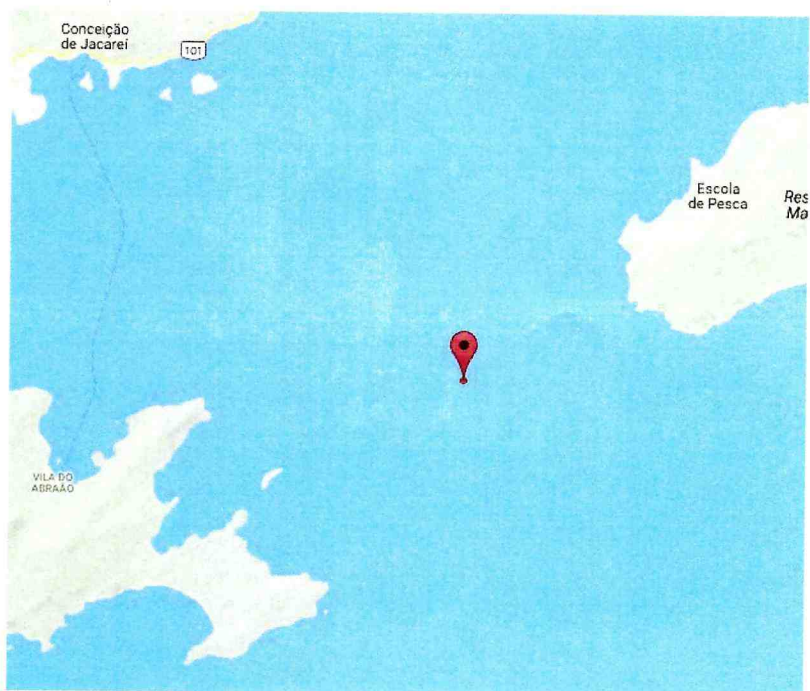


Figura II.1-2: Observatório Submarino na Baía da Ilha Grande.

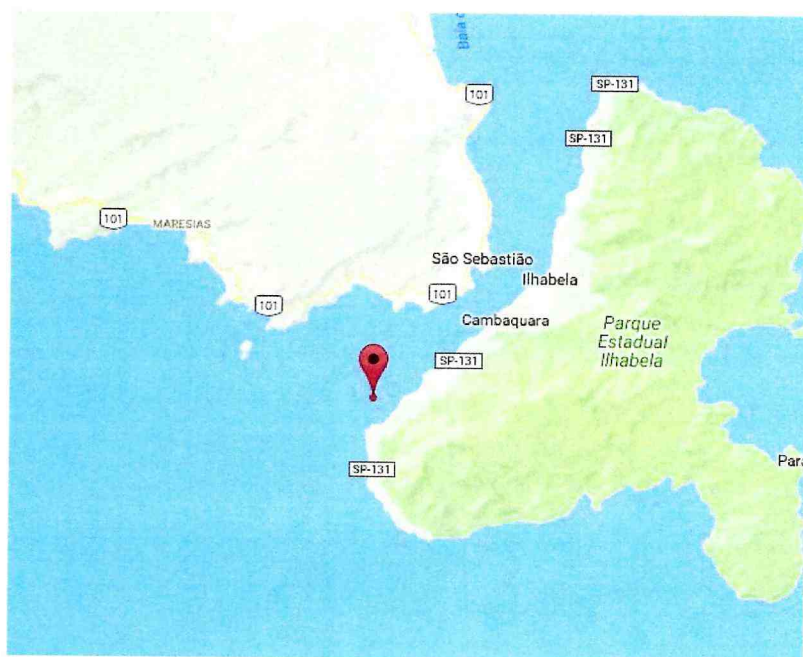


Figura II.1-3: Observatório Submarino na entrada do Canal do Porto de São Sebastião.

## II.2 REGIÃO OCEÂNICA

Situada na região sudeste brasileira, entre os paralelos 23° (Alto de Cabo Frio) e 28° (Plataforma de Florianópolis) Sul, a Bacia de Santos é a maior bacia sedimentar *offshore* do país. Ela ocupa cerca de 350.000 km<sup>2</sup> até a cota batimétrica de 3.000 m e abrange os litorais dos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (Moreira, 2007). A Figura II.2-1 apresenta a região da Bacia de Santos, mostrando, como um polígono magenta, a Área Geográfica da Bacia de Santos (AGBS), que é a área de interesse para os estudos aqui apresentados. As cruzes vermelhas mostram a posição de algumas plataformas de exploração da Petrobras na região.

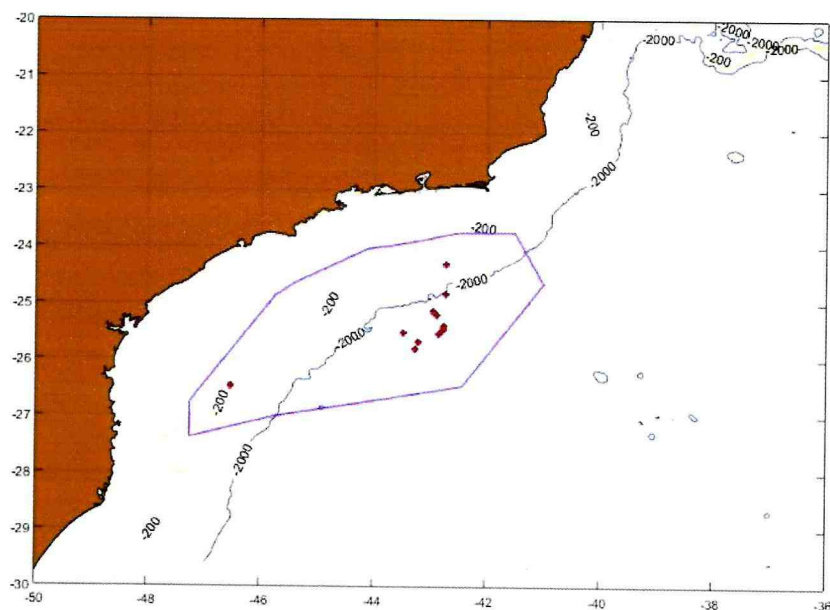


Figura II.2-1: Região da Bacia de Santos, mostrando a Área Geográfica da Bacia de Santos (AGBS, linha vermelha). As cruzes vermelhas representam a posição de plataformas.

Com o objetivo de caracterizar situações distintas de exposição a fontes de ruído antropogênico, foram selecionadas três regiões, de aproximadamente 12.000 km<sup>2</sup> (quadrado de 1° de latitude por 1° de longitude) cada:



- **Região 1 – Atividade de E&P**, caracterizada por forte atividade de Exploração & Produção (E&P), localizada no centro da região Pré-Sal da Bacia de Santos, compreendida nos limites geográficos de longitudes  $42.5^{\circ}$  W até  $43.5^{\circ}$  W e latitudes  $25^{\circ}$  S até  $26^{\circ}$  S;
- **Região 2 – Rota de Navegação**, caracterizada por intensa rota de navegação da Baía de Guanabara para o Pré-Sal, tanto de embarcações da PETROBRAS como de terceiros, compreendida nos limites geográficos de longitudes  $42^{\circ}$  W até  $43^{\circ}$  W e latitudes  $23.55^{\circ}$  S até  $24.55^{\circ}$  S. Esta região não possui plataformas com atividade de produção;
- **Região 3 – Área com pouca atividade**, localizada fora das áreas de atividade de E&P e navegação da PETROBRAS, mas ainda em rota de terceiros como navios mercantes, compreendida nos limites geográficos de longitudes  $43.88^{\circ}$  W até  $44.88^{\circ}$  W e latitudes  $25.62^{\circ}$  S até  $26.62^{\circ}$  S.

A Figura II.2-2 mostra estas três regiões de interesse e as posições horárias de navios (hora cheia +/- 10 min) obtidas por **Automatic Identification System (AIS)** para o período de dezembro de 2015 a dezembro de 2016. As posições estão representadas por pontos amarelos. A figura superior mostra as embarcações a serviço da Petrobras e a figura inferior mostra as embarcações de terceiros.



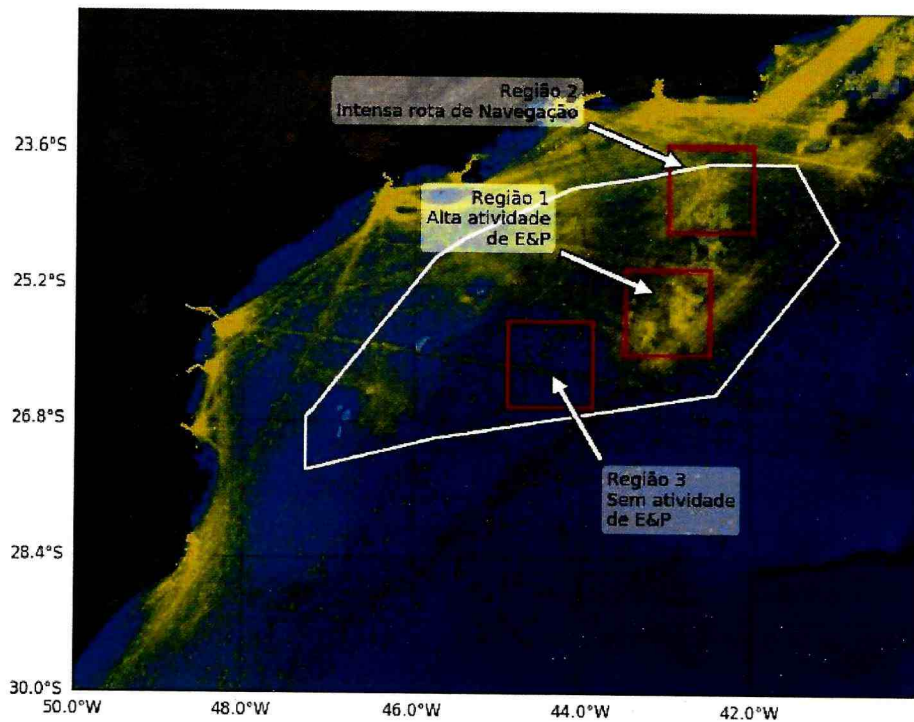
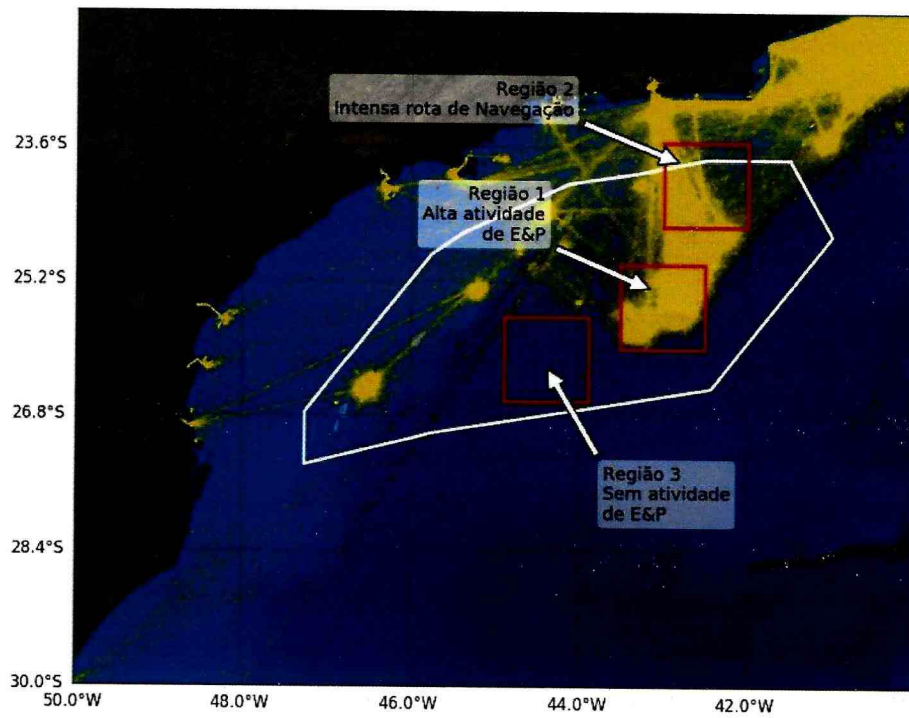


Figura II.2-2: Regiões de Interesse e posições de embarcações e unidades marítimas a serviço da Petrobras (janela superior) e de terceiros (janela inferior).

### **III METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE DADOS**

#### **III.1 MONITORAMENTO MÓVEL**

##### **III.1.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM PERFILADORES**

O equipamento utilizado foi o **PABLO** (do inglês, *Profiling Acoustic Buoyant Lagrangian Observing*), que é um derivador lagrangiano oceânico descartável concebido para adquirir dados acústicos em perfis de até 1.000 m de profundidade, através de controle de sua flutuabilidade e derivando com as correntes. Sua operação consiste em ciclos de descida, deriva submersa na profundidade de estacionamento, subida realizando janelas acústicas programadas e transmissão de dados via satélite de comunicação Iridium, a cada emergência. No Apêndice B, o perfilador PABLO é apresentado com mais detalhes técnicos.

Para cada janela acústica realizada nas profundidades programadas, o sistema de aquisição presente no perfilador obtém um minuto de gravação. O próprio equipamento processa as séries temporais das janelas acústicas e gera os parâmetros acústicos e espectros que são enviados por satélite a cada emergência. Os dados recebidos de cada perfilador são armazenados em um arquivo com formato NetCDF. Os dados destes arquivos são analisados para se obter informações da operação do equipamento, incluindo seu tempo de vida e tempos entre janelas acústicas medidas. Os parâmetros acústicos passam por um processo de qualificação e os dados qualificados são disponibilizados em um sistema de informação, disponível para consulta. Esse processamento é descrito com mais detalhes no Apêndice F.

##### **III.1.2 AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM GLIDERS**

Os *gliders* são veículos submersíveis autônomos – **VSA** (**AUV** – *Autonomous Underwater Vehicles*), controlados remotamente por satélite, sendo capazes de mergulhar a profundidades de até 1.000 metros e de seguir rotas programadas pelo usuário. São utilizados *Seagliders*, que permitem a coleta



continua de dados oceanográficos de temperatura, condutividade e profundidade, usando um sensor de CTD (do inglês, *Conductivity, Temperature, Depth*), e sua transmissão ocorre quando o *glider* retorna à superfície. Os *Seagliders* também podem conduzir equipamento para monitoramento acústico passivo (**PAM**, do inglês *Passive Acoustic Monitoring*), que é programado para adquirir os dados acústicos recebidos por hidrofone e sistema de aquisição, operando de forma contínua. O PAM permanece ligado durante todo o período de descida e encerra sua gravação ao fim da descida (o PAM permanece desligado durante a subida do equipamento). Ao atingir a superfície, o *glider* transmite via satélite as informações de navegação do mergulho e os dados do CTD.

Ao final da missão, associada à capacidade das baterias e memória, uma embarcação vai ao encontro do *glider* em seu ponto de emersão e realiza a sua recuperação. Os arquivos de áudio são armazenados internamente com duração de até 500 horas por campanha e só são disponíveis com a recuperação do *glider*. No Apêndice C, o *glider Seaglider* é apresentado com mais detalhes técnicos.

Nos *gliders*, é realizada a gravação quase contínua de sinais acústicos. Os sinais gravados são processados para a obtenção de parâmetros acústicos a cada minuto de sinal. Para cada um destes minutos, os parâmetros acústicos passam por um processo de qualificação, antes de serem inseridos no sistema de informações. Na primeira etapa de qualificação, são identificados e separados os trechos contaminados pelo ruído do próprio veículo, quando da atuação de bombas e motores internos, atuação esta que é detectada por um aplicativo do fabricante do equipamento. Ainda nesta etapa, são separados, também, os trechos onde o ruído de fluxo devido ao movimento do *glider* possa ter afetado o sinal gravado.

O processamento dos sinais acústicos dos *gliders* é feito seguindo procedimentos semelhantes aos realizados pelos perfiladores em seu processamento interno dos sinais acústicos coletados. Maiores informações sobre este processamento e os parâmetros calculados podem ser descritos no Apêndice F.



## III.2 MONITORAMENTO FIXO

### III.2.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS RASOS (OSs)

Os Observatórios Submarinos (OSs) são sistemas de gravação de sinais acústicos instalados junto ao fundo em regiões costeiras na Bacia de Santos, operados pelo Instituto de Pesquisas da Marinha. O objetivo dos OSs é, principalmente, a obtenção do ruído de embarcações, para uso no Sistema de Modelagem Acústica que está sendo desenvolvido para o PMPAS-BS.

Nos OSs, são instalados gravadores autônomos programados para gravar o sinal acústico no meio de forma contínua. Estes gravadores são equipados com hidrofones, pré-amplificadores e processadores que recebem e armazenam o ruído acústico produzido pelo meio e por outras fontes de ruído presentes, como embarcações e animais marinhos. Diferentes equipamentos foram usados para a aquisição do sinal acústico nos OSs. A descrição de cada um deles é feita no Apêndice D.

Os equipamentos são programados para gravação contínua ou pulsada dos sinais acústicos. A sua recuperação ou troca é realizada por mergulhadores, com intervalo de troca da ordem de 45 dias.

O processamento dos sinais acústicos gravados nos OSs é realizado para a obtenção de parâmetros acústicos, que são usados para a descrição do ruído ambiente e das emissões acústicas de embarcações nas regiões onde os OSs estão instalados. No processamento dos sinais, são obtidos parâmetros acústicos para cada minuto de gravação. Nos trechos onde seja detectada a passagem de uma embarcação, são obtidos os níveis devido a ela e é feita uma correlação do tempo da detecção com informações do sistema AIS, numa tentativa de identificar a embarcação. O Apêndice F apresenta este processamento com detalhes.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

### III.2.2 AQUISIÇÃO DOS DADOS ACÚSTICOS COM LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS (LFIs)

As Linhas de Fundeio Instrumentadas (LFIs) consistem de uma linha, presa por um liberador acústico a uma poita e terminando em uma boia submersa de flutuação, a cerca de 50 m de profundidade.

Nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, estão instalados equipamentos de monitoração acústica capazes de realizar gravações no modo pulsado, sendo programados para a gravação de 85 segundos de sinal a cada 10 minutos. As profundidades locais das linhas são apresentadas na Tabela III.2.2-1. O período pretendido de recuperação das linhas é da ordem de seis meses. O equipamento usado para a gravação dos sinais acústicos é o gravador autônomo AMAR-G3, da JASCO. Mais detalhes sobre este equipamento são apresentados no Apêndice E.

Tabela III.2.2-1: Profundidade local das linhas de fundeio instrumentadas

Linha de Fundeio	Profundidade Local (m)
FA-01	2.200
FA-02	2.000
FA-03	2.850
FA-04	1.100
FA-05	1.100
FA-06	1.100

Ao término do período de aquisição, uma embarcação próxima emite um sinal acústico de liberação e o liberador acústico solta a linha da poita, e sua extremidade superior emerge, permitindo a sua recuperação para troca de equipamentos, de baterias e recuperação dos dados.

O posicionamento das linhas é definido pela Petrobras, sendo procurado atender o critério de monitorar regiões com atividades de produção (FA-01), em desenvolvimento da produção (FA-02), sem atividades de E&P (FA-03 e FA-04) e com tráfego marítimo para E&P (FA-05 e FA-06).

Os parâmetros espectrais obtidos para os dados acústicos gravados nas LFIs são usados para descrever a paisagem acústica na posição onde elas





estão instaladas, permitindo acompanhar a evolução do ruído ambiente em diferentes condições de atividade antrópica.

Para garantir a qualidade dos dados obtidos, é necessário que se possa identificar e isolar os dados que sejam contaminados por fontes de ruído isoladas e identificáveis, como navios passando próxima das linhas ou mesmo o ruído próprio destas linhas, causado, por exemplo, pelo movimento das linhas devido à passagem da corrente oceânica. Esta identificação é feita, para cada trecho de sinal gravado, usando-se detectores de passagem de embarcações e verificando se existe correlação entre o ruído medido e a velocidade da corrente oceânica. Caso uma destas condições ocorra, os parâmetros acústicos daquele trecho não são inseridos no sistema de informação. O Apêndice F apresenta este processamento com detalhes.

### III.3 DADOS AMBIENTAIS

Com intuito de verificar possíveis correlações entre os dados coletados pelos sensores acústicos e parâmetros abióticos, neste relatório foram utilizados dois parâmetros ambientais (vento e altura significativa de onda). Os dados horários de vento e onda, com resolução de aproximadamente 27 km, foram extraídos do produto ERA5 da ECMWF (*The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Tais parâmetros foram filtrados espacialmente, de acordo com as regiões de interesse, e temporalmente em relação aos períodos de medição dos dados acústicos.

### III.4 DENSIDADE DE EMBARCAÇÕES

As posições das embarcações nas regiões de interesse (descritas na Seção II.2 deste relatório) foram obtidas a partir de dados do Sistema de Identificação Automática (*Automatic Identification System – AIS*) fornecidos pela Petrobras. Além das posições, esses dados fornecem o tipo, o rumo, a velocidade e nome de cada embarcação listada no sistema.



### **III.5 GEOREFERENCIAMENTO DOS DADOS ACÚSTICOS**

As posições das medições acústicas estão referenciadas em coordenadas geográficas, em *Datum* WGS-84. No caso dos perfiladores, a posição fornecida é determinada pelo seu receptor GPS, no ponto de emersão. No caso dos *gliders* a posição é interpolada a partir dos pontos de início e final do mergulho, obtidos pelo seu GPS, utilizando-se, como referência, os tempos das medições obtidas pelo seu CTD. No caso das Linhas de Fundeio e dos Observatórios Submarinos, a posição adotada é a posição de lançamento de sua poita, na superfície, sendo que pode ocorrer deriva por efeito da correnteza até sua chegada ao piso marinho. Além disto, para as LFI's deve ser observado que a linha se move por efeito das correntes, podendo sua extremidade superior derivar por centenas de metros em relação à poita.

### **III.6 SINCRONIZAÇÃO TEMPORAL DOS DADOS ACÚSTICOS**

As medições acústicas são marcadas pela data/hora de sua aquisição, sincronizadas pelos seus equipamentos na superfície antes do lançamento. A hora adotada é a hora UTC.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

## **IV METODOLOGIA DE PROCESSAMENTO E ARQUIVAMENTO DOS DADOS**

### **IV.1 CONSISTÊNCIA E QUALIFICAÇÃO DOS DADOS**

Os sinais acústicos são avaliados quanto a sua consistência, verificando-se a integridade dos arquivos recebidos e se os sinais gravados não contêm distorções como trechos com saturação ou com níveis muito baixos de sinal. Os sinais que apresentam problemas de consistência são removidos das fases seguintes de processamento.

O processamento tem o propósito de obter parâmetros acústicos a cada minuto de sinal. Estes parâmetros devem passar por um processo de qualificação para poderem ser inseridos no sistema de informações. Para todos os sistemas, a fase final de qualificação consiste em se detectar a presença de dados espúrios, baseado na definição de limiares de detecção nas distribuições estatísticas dos parâmetros, como descrito no Apêndice F.

Para os perfiladores, como a obtenção dos parâmetros acústicos é feita pelo próprio equipamento, nenhuma outra avaliação é feita antes da detecção dos dados espúrios.

Para os outros sistemas (*gliders*, OSs e LFIs), os trechos de sinal são avaliados quanto à presença de ruído próprio e de ruído de fluxo. Caso estes ruídos estejam presentes, o trecho não será inserido no sistema de informações. Os trechos restantes passam, então, pelo processo de detecção de dados espúrios, após o qual, os dados qualificados são inseridos no sistema de informações.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

## IV.2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES

Um grande volume de dados (sinais sonoros, dados ambientais, dados de instrumentação oceanográfica, entre outros) é coletado no âmbito do PMPAS-BS, sendo processado, armazenado e deve ser disponibilizado em uma plataforma *web* com o apoio de um sistema de informação. Esses dados processados servirão de insumo para análises com relação às variações espaço-temporais para verificar padrões na paisagem acústica, levando em consideração variações circadianas, sazonais, interanuais e alterações relacionadas às atividades de exploração e produção de petróleo na Bacia de Santos.

Para atender aos dados acústicos e complementares coletados pelo projeto PMPAS-BS foi desenvolvido o Sistema de Modelagem e Medições Acústicas Oceânicas – **SIMMAO**, que é um sistema de informações composto por um conjunto de ferramentas e um banco de dados para armazenamento, em ambiente confiável e seguro, dos dados medidos pelas linhas de fundeio instrumentadas (LFIs), observatórios submarinos (OSs), *gliders* e perfiladores acústicos, dados complementares (posições e ambientais), metadados associados, resultados gerados pelo processamento e análise destes dados, além dos parâmetros estatísticos calculados sobre conjuntos de medições.

O banco de dados deverá armazenar também os resultados e mapas produzidos pelo sistema de modelagem de ruído ambiental, descrito na Seção VI.

As ferramentas sendo desenvolvidas para o **SIMMAO** facilitarão o recebimento, a verificação de consistência e a armazenagem dos dados brutos; o recebimento e a armazenagem dos metadados associados; o processamento dos dados; a armazenagem e a disponibilização dos dados processados para a comunidade científica por meio de página *web* com acesso controlado na internet.



### IV.3 CRITÉRIOS DE DETECÇÃO DE NAVIOS

Um dos objetivos principais dos observatórios submarinos é a obtenção do nível da fonte (**SL = Source Level**) de navios da Petrobras e de terceiros que trafegarem próximo aos OSs. Os SL destes navios serão usados nos modelos para a construção de mapas geográficos com níveis de ruído na Bacia de Santos. A Figura IV.5.3.1-1 mostra o sinal captado no OS da Baía de Guanabara durante a passagem de uma embarcação, podendo-se observar a elevação correspondente dos níveis do sinal acústico.

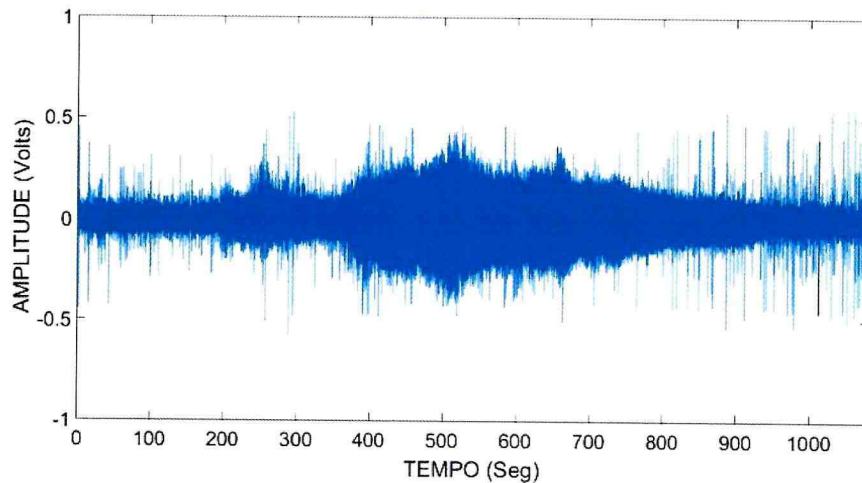


Figura IV.5.3.1-1: Exemplo do sinal acústico durante a passagem de uma embarcação por um OS.

Para a obtenção dos níveis da fonte para um navio, é necessário que o ruído produzido pelo navio seja significativamente maior do que os níveis do ruído ambiente no local, sendo um aumento igual ou maior que 10 dB um valor adequado, para as distâncias dos OSs aos canais de navegação. São analisadas as bandas entre 40 e 3.000 Hz. A Figura IV.5.3.1-2 mostra, como exemplos, espectros obtidos antes e durante a passagem do navio. Pode-se observar que, para este navio, ocorreu um aumento maior que 10 dB em toda a faixa de frequência analisada, sendo possível obter seu SL. Mais detalhes sobre a detecção de navios são apresentados no Apêndice F.



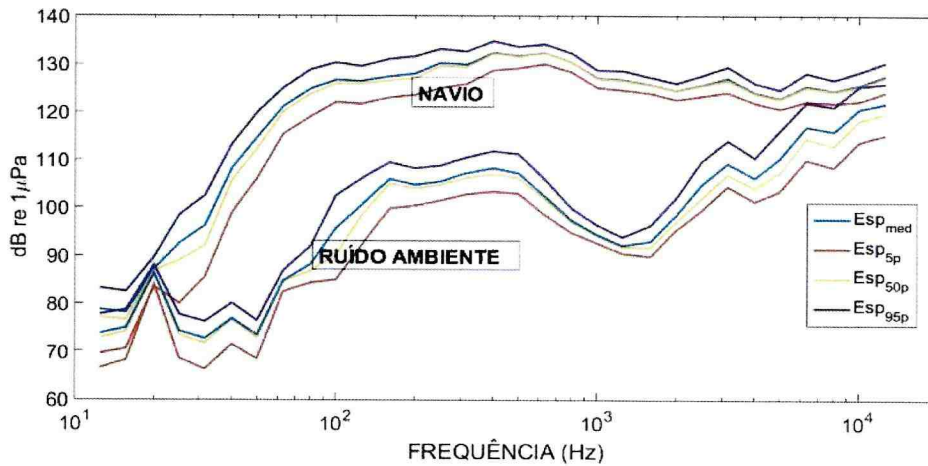


Figura IV.5.3.1-2: Espectros obtidos antes e durante a passagem do navio.

#### IV.4 CRITÉRIOS DE DETECÇÃO DE BIOFONIA

Na detecção de sinais de origem biológica, são avaliados os sinais acústicos para a busca de sinais tonais e de sons pulsados que representam as frequências e durações típicas dos sinais produzidos pelos delfinídeos, e os sinais correspondentes a baleias e peixes. Os parâmetros de duração e frequência usados em cada configuração dos detectores foram escolhidos baseados na literatura como em Bittencourt *et al.*, (2017) sobre sons da fauna marinha.

Estão sendo implementados detectores pelo IPqM, que consideram a elevação de energia em bandas e durações específicas para cada tipo de sinal desejado. Em paralelo com o desenvolvimento dos detectores, estão sendo feitas detecções manuais em um subconjunto das gravações para serem usadas na validação dos detectores.

Após a consolidação da metodologia a ser usada para a detecção, será necessário o desenvolvimento de programas específicos para agilização do processo de verificação de enorme volume de gravações disponíveis.

Mais detalhes sobre a detecção de biofonia são apresentados no Apêndice F.

## IV.5 PROCESSAMENTO

Neste item, são apresentados os parâmetros que serão extraídos dos sinais, outros processamentos a serem realizados, os tipos de apresentação disponíveis e particularidades de processamento para cada tipo de sensor.

### IV.5.1 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS PROCESSADOS

Os perfiladores não transmitem as séries temporais correspondentes às medições realizadas nas janelas acústicas. Calculam e transmitem espectros de 1/3 de oitava do Nível de Pressão Sonora (SPL, do inglês *Sound Pressure Level*) entre 10 Hz a 10 kHz, mais especificamente o espectro médio e os espectros dos percentis de 5%, 50% e 95%, além dos parâmetros  $SPL_{RMS \text{ Médio}}$ ,  $SPL_{MAX}$  e  $SPL_{\text{pico-a-pico}}$ .

Por outro lado, as medições dos demais equipamentos são séries temporais contínuas ou com interrupções, de valores relacionados ao Nível de Pressão Sonoras, amostrados em altas frequências.

Foi considerado que as diretrizes da Comunidade Europeia sobre poluição acústica dos mares recomendam a monitoração do valor médio quadrático (RMS, do inglês *Root Mean Square*) do Nível de Pressão Sonora em bandas de 1/3 de oitava. As quatro bandas de frequência (63, 125, 500 e 1.000 Hz) foram escolhidas atendendo às recomendações dos *guidelines* internacionais para monitoramento da paisagem acústica submarina (Dekeling *et al.*, 2014a e Jensen *et al.*, 2011). A seleção das bandas de 63 e 125 Hz foi feita considerando que é nessas bandas onde ocorre a assinatura típica do ruído de embarcações (Dekeling *et al.*, 2014a, b). As bandas de 500 e 1.000 Hz foram selecionadas por serem impactadas por fontes de ruídos ambientais (Jensen *et al.*, 2011; Ross, 1976). Os parâmetros dos Níveis de Pressão Sonora SPL considerados para cada uma destas bandas de frequência são os valores espectrais no percentil de 50% das bandas de 1/3 de oitava correspondentes ( $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$ ).



A escolha das profundidades a serem consideradas foi feita baseada nas profundidades de instalação dos hidrofones nas linhas de fundeio instrumentada (LFI): 50 m, 200 m e 950 m. Porém, no caso do monitoramento móvel, a definição mais adequada é considerando faixas de profundidade. Assim, foram definidas as faixas de profundidades de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m.

Foi adotado o critério de processar as janelas das séries temporais registradas pelos *gliders*, LFIs e OSs e extrair delas parâmetros equivalentes, ou seja, para cada janela acústica, da ordem de um minuto, calcular os parâmetros:

- Espectro de 1/3 de oitava do Nível de Pressão Sonora (SPL) RMS médio entre 10 Hz a 10 kHz;
- Espectro de 1/3 de oitava do Nível de Pressão Sonora (SPL) RMS percentil de 5% entre 10 Hz a 10 kHz;
- Espectro de 1/3 de oitava do Nível de Pressão Sonora (SPL) RMS percentil de 50% entre 10 Hz a 10 kHz;
- Espectro de 1/3 de oitava do Nível de Pressão Sonora (SPL) RMS percentil de 95% entre 10 Hz a 10 kHz;
- $SPL_{RMS\ Médio}$ ;
- $SPL_{MAX}$ ;
- $SPL_{pico-a-pico}$ ;
- $SPL_{pico}$ ;
- $SPL_{63Hz}$ ;
- $SPL_{125Hz}$ ;
- $SPL_{500Hz}$ ;
- $SPL_{1000Hz}$ .

Os valores de  $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$  são recuperados dos espectros estimados no percentil de 50%.

#### IV.5.2 OUTROS PROCESSAMENTOS

Os valores do Nível de Pressão Sonoro de perfiladores e *gliders* foram utilizados para avaliar preliminarmente a distribuição estatística destes dados.





Dessa forma, os dados foram representados através de histogramas e avaliados para verificar se os dados se ajustam a uma função de densidade de probabilidade para distribuição normal. Além disso, os dados SPL foram correlacionados com o número de embarcações e fatores abióticos (intensidade do vento e altura significativa de onda) ao longo do tempo nas regiões de interesse. Os coeficientes de correlação de *Spearman* foram calculados para cada situação.

Com o intuito de avaliar se existe diferença significativa entre os dados de SPL das regiões de interesse, foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz.

### **IV.5.3 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS**

As próximas seções mostram, de maneira genérica, como os dados e resultados são apresentados.

#### **IV.5.3.1 RESOLUÇÃO ESPACIAL PLANA**

Para o caso de monitoramento móvel (*gliders* e perfiladores), foi adotada a apresentação de densidade amostral e de Níveis de Pressão Sonora (SPL), em dB re 1  $\mu$ Pa, com uma resolução espacial de 1/6 de grau (quadrados com cerca de 18,5 km de lado – 10 mn). A resolução de 1/6 de grau vem sendo adotada como referência para representação e análise espacial de resultados gerados pelos projetos ambientais desenvolvidos pela PETROBRAS, para os quais se busca uma uniformidade na forma de sua apresentação.

#### **IV.5.3.2 RESOLUÇÃO ESPACIAL VERTICAL**

As medições foram classificadas em três faixas de profundidades: de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100, sendo estas as faixas que incluem as profundidades das medições das Linhas de Fundeio Instrumentadas, que estão a 50 m, 200 m e 950 m.



### IV.5.3.3 RESOLUÇÃO ESPECTRAL

A resolução espectral adotada é a de 1/3 de oitava. As bandas de 1/3 de oitava e suas frequências centrais consideradas são apresentadas na Tabela IV.5.3.3-1.

Tabela IV.5.3.3-1: Frequência central das bandas dos filtros de 1/3 de oitava, em Hz, em função do número da banda.

#Banda	Freq. Central	#Banda	Freq. Central	#Banda	Freq. Central	#Banda	Freq. Central
1	6,3	11	63,1	21	631,0	31	6.310
2	7,9	12	79,4	22	794,3	32	7.943
3	10	13	100	23	1.000	33	10.000
4	12,6	14	125,9	24	1.259	34	12.589
5	15,8	15	158,5	25	1.585	35	15.849
6	19,9	16	199,5	26	1.995	36	19.953
7	25,1	17	251,2	27	2.512	37	25.119
8	31,6	18	316,2	28	3.162		
9	39,8	19	398,1	29	3.981		
10	50,1	20	501,2	30	5.012		

### IV.5.3.4 RESOLUÇÃO TEMPORAL

A resolução temporal depende do equipamento empregado. Para os perfiladores, é realizado um ciclo de medição por dia, com a aquisição de cinco janelas acústicas de um minuto de sinal, em profundidades diferentes durante a fase de subida.

Para os *gliders*, são feitas gravações na parte da descida de alguns mergulhos realizados ao longo do dia. Isto corresponde a trechos de até três horas de gravação contínua, repetida de duas a três vezes por dia.

Para os OSs, são feitas gravações contínuas durante todo o período em que o equipamento está instalado, sendo que cada ciclo de gravação dura entre 30 e 45 dias. Em algumas poucas situações em que foi necessário aumentar a autonomia dos equipamentos, a gravação foi feita de forma pulsada, com gravação de 30 minutos e um tempo de espera, sem gravação, de 90 minutos.

Para as LFI, são feitas gravações pulsadas, com a aquisição de 85 segundos de sinal a cada 10 minutos. As LFI permanecem no mar por um período planejado de 6 meses.



Para todos os sistemas de aquisição, os parâmetros acústicos são calculados para trechos de um minuto de sinal, considerando-se a hora do início das gravações como tempo de referência. Para as LFIs, são usados 60 dos 85 segundos disponíveis por gravação para a obtenção dos parâmetros acústicos.

#### IV.5.3.5 DENSIDADE AMOSTRAL ESPACIAL

Esta apresentação consiste em mostrar o número de medições válidas, em um mapa tridimensional cobrindo a região sudeste do Brasil, entre as latitudes 30° S e 22° S e longitudes 49° W e 39° W, com a resolução de quadrados de 1/6 de grau. A Figura IV.5.3.5-1 mostra um exemplo desta apresentação. A escala de cores corresponde ao número de medições válidas realizadas em cada quadrado, para as classes de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, a partir de perfiladores ou *gliders*. São representadas a linha da costa do Brasil (linha em azul), as isóbatas de 200 e 2.000 metros (linhas em preto), um polígono definindo a área geográfica da Bacia de Santos (linha em magenta) e a posição de algumas plataformas (cruzes em preto).

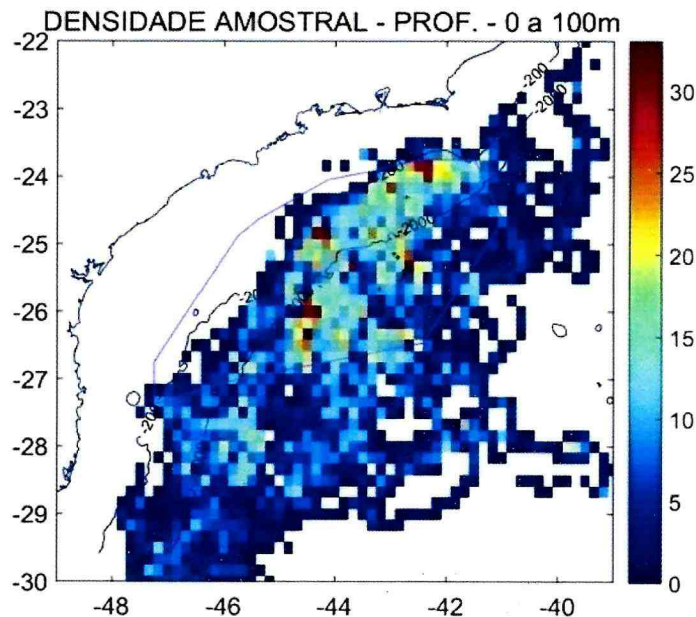


Figura IV.5.3.5-1: Exemplo da distribuição espacial da Densidade Amostral para as profundidades entre 0 e 100 m.

#### IV.5.3.6 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA ESPACIAL

Esta apresentação consiste em mostrar um mapa tridimensional com a resolução de quadrados de 1/6 de grau, para as classes de profundidade, dos valores do Nível de Pressão Sonora RMS médio, de pico e para os filtros de 1/3 de oitava com frequências centrais de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz, a partir de dados de perfiladores ou *gliders*. A Figura IV.5.3.6-1 mostra um exemplo desta apresentação.

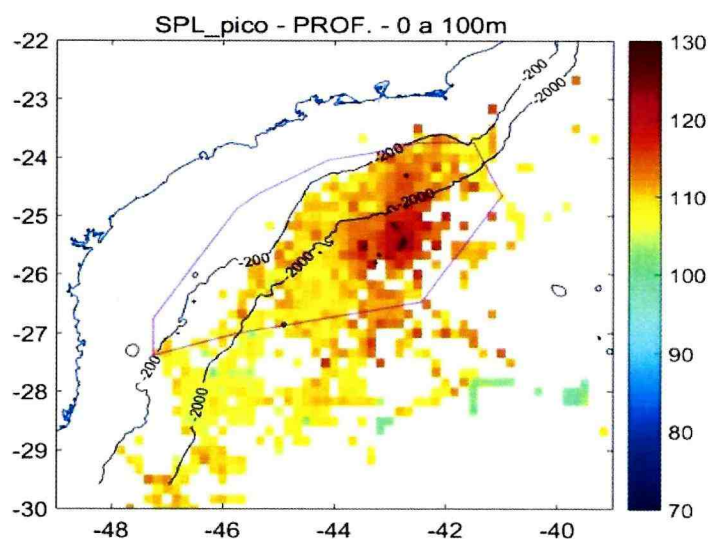


Figura IV.5.3.6-1: Exemplo da distribuição espacial dos Níveis de Pressão Sonora para as profundidades entre 0 e 100 m.

#### IV.5.3.7 NÍVEL DA PRESSÃO SONORA TEMPORAL

Esta apresentação consiste na apresentação dos valores do Nível de Pressão Sonora RMS médio ou de pico de janelas na resolução temporal de um minuto, no mesmo local, e para cada profundidade, ao longo do tempo. A Figura IV.5.3.7-1 mostra um exemplo desta apresentação.

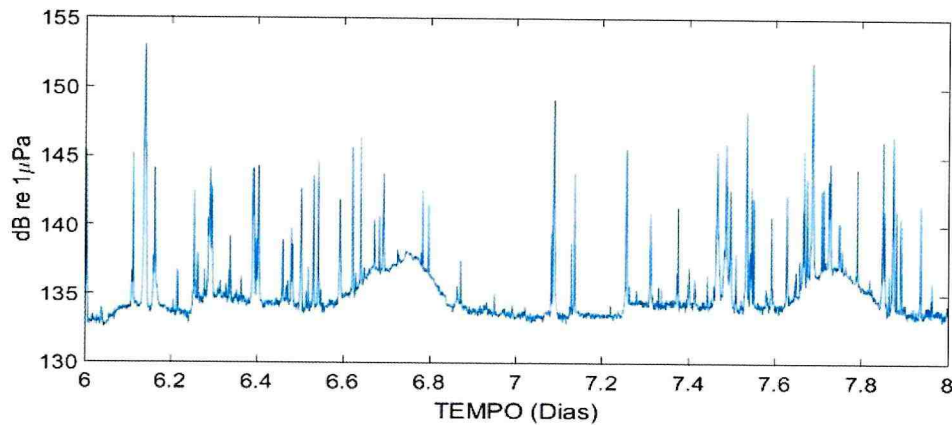


Figura IV.5.3.7-1 – Exemplo de apresentação do Nível da Pressão Sonora em função do tempo, com resolução temporal de um minuto.

#### IV.5.3.8 ESPECTROS DE 1/3 DE OITAVAS

Esta apresentação consiste dos espectros de 1/3 de oitava do Nível de Pressão Sonora (SPL) RMS entre 10 Hz a 10 kHz, médio, e de percentis de 5%, 50% e 95% de uma janela de medição. A Figura IV.5.3.8-1 mostra um exemplo de espectro de 1/3 de oitava de um sinal gravado em um OS.

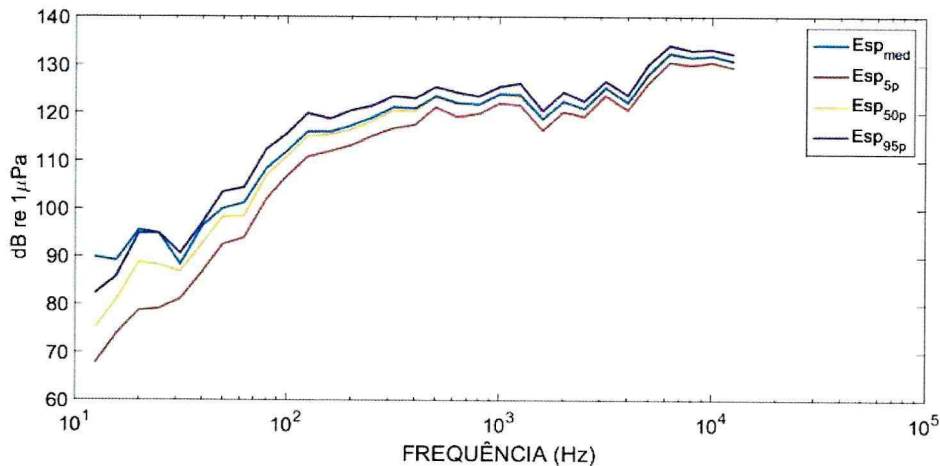


Figura IV.5.3.8-1: Exemplo de espectro de 1/3 de oitava médio e nos percentis de 5%, 50% e 95% do ruído gravado em um OS.

### IV.5.3.9 ESPECTROGRAMAS

Esta apresentação consiste em um mapa tridimensional mostrando a energia nas bandas dos espectros de 1/3 de oitava de um sinal e sua evolução ao longo do tempo, permitindo ver seu comportamento dinâmico. A Figura IV.5.3.9-1 mostra um exemplo de um espectrograma onde se vê a passagem de duas embarcações. O eixo vertical representa a frequência, crescendo para cima, e o eixo horizontal representa o tempo. A intensidade dos sinais é dada por uma escala de cores, onde o mais claro representa maior energia.

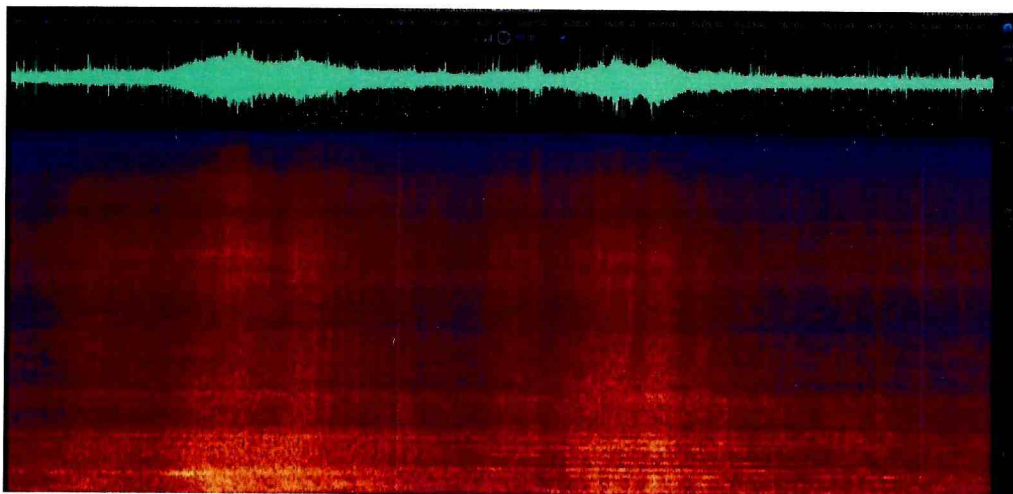


Figura IV.5.3.9-1: Exemplo de um espectrograma correspondentes a doze minutos de gravação em um trecho em que se pode observar a passagem de duas embarcações.

### IV.5.4 PERFILADORES ACÚSTICOS

No caso dos perfiladores acústicos, cujos dados são processados internamente, são somente realizados testes de qualificação para a detecção e remoção de dados espúrios baseados na distribuição estatística dos parâmetros.

Todas as janelas acústicas qualificadas são consideradas para inclusão no sistema de informações, mesmo aquelas que se encontram fora da área delimitada da Bacia de Santos ou aquelas fora das três áreas de interesse. As janelas acústicas são classificadas pelas faixas de profundidade e distribuídas nos quadrados de resolução de 1/6 de grau. As janelas de medições dos perfiladores em cada ciclo estão todas georreferenciadas ao seu ponto de emersão.



A Figura IV.5.4-1 é um exemplo de espectros de Nível de Pressão Sonora SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, coletados por um perfilador, em 26/01/2017, na profundidade de 183 m.

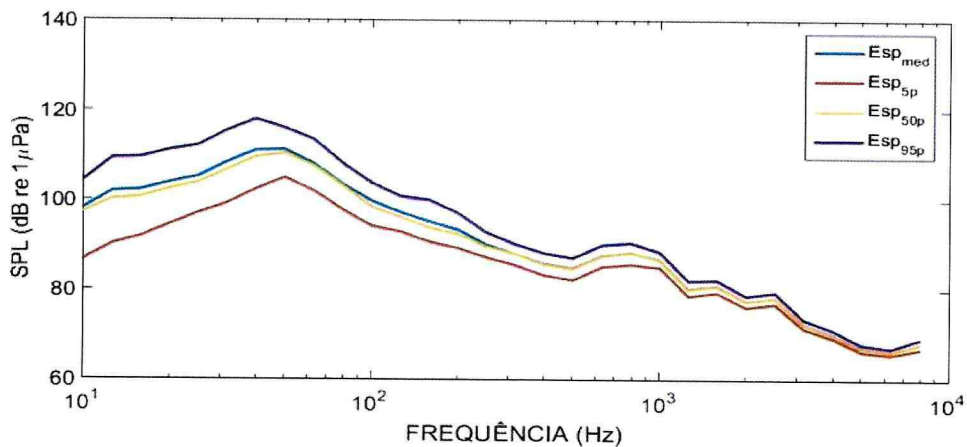
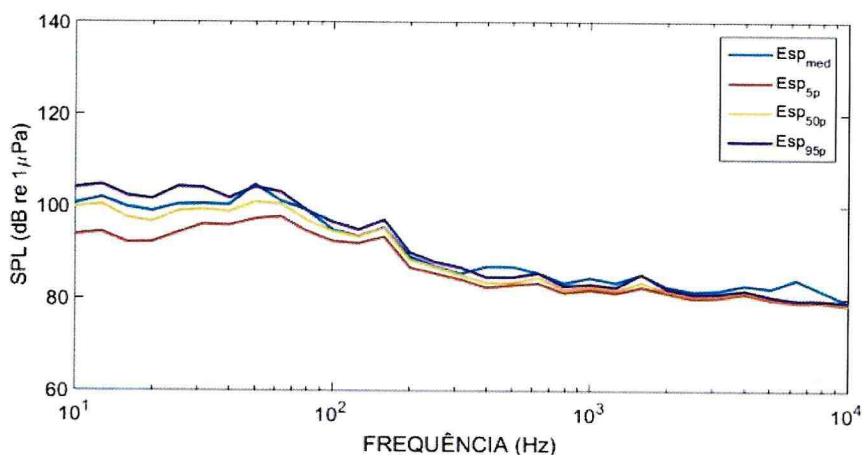


Figura IV.5.4-1: Exemplo de espectro de Nível de Pressão Sonora média e nos percentis de 5%, 50% e 95%, transmitido por um perfilador, em 26/01/2017, para a profundidade de 183 m.

#### IV.5.5 GLIDERS

No processamento dos dados advindos dos *gliders*, os arquivos de cada perfil são tratados para identificar os eventos de ruído próprio de acionamento ou ruído de fluxo excessivo e remoção de *outliers*. A seguir são escolhidas janelas acústicas, classificadas pelas faixas de profundidade e distribuídas nos quadrados de resolução de 1/6 de grau. As janelas de medições dos *gliders* são georreferenciadas às posições estimadas na sua trajetória, obtidas pela interpolação das posições GPS obtidas no início e final de cada mergulho, nos tempos das medições acústicas.

A Figura IV.5.5-1 é um exemplo de um espectro de Nível de Pressão Sonora de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculados a partir de sinais coletados por um *glider*, em 14/11/2017, na profundidade de 592 m.



*Figura IV.5.5-1: Exemplo de espectro de Nível de Pressão Sonora média e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculado a partir de um sinal gravado por um glider em 14/11/2017, para a profundidade de 592 m.*

#### **IV.5.6 OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS**

No processamento dos dados advindos dos OSs, os arquivos são processados para garantir a sua qualificação e para a identificação de eventos, como a passagem de navios e a ocorrência de biofonia. Os arquivos são segmentados e para cada janela de um minuto selecionada é realizado o processamento para a obtenção dos parâmetros SPL e dos espectros de 1/3 de oitava.

A Figura IV.5.6-1 é um exemplo de um espectro de Nível de Pressão Sonora de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculados a partir de sinais coletados por um OS, em 17/07/2017, na profundidade de 24 m.





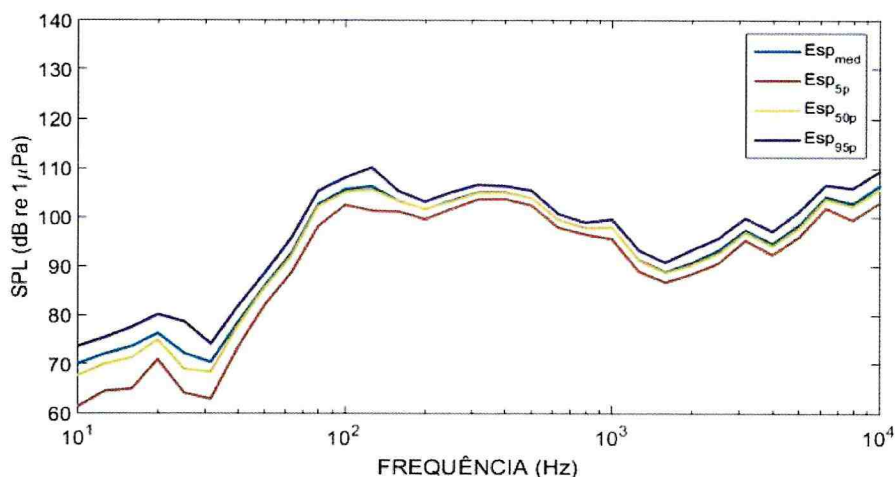


Figura IV.5.6-1: Exemplo de espectro de Nível de Pressão Sonora média e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculado a partir de um sinal gravado em um OS em 17/07/2017, para a profundidade de 24 m.

#### IV.5.7 LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS

No processamento dos dados advindos das LFIs, os arquivos são processados para garantir a sua qualificação e para a identificação de eventos, como a passagem de navios e a ocorrência de biofonia. Ainda é verificada a correlação do SPL com a velocidade de corrente, sendo excluídos os trechos onde esta correlação for alta. Os arquivos são segmentados e para cada janela de um minuto selecionada é realizado o processamento para a obtenção dos parâmetros SPL e dos espectros de 1/3 de oitava.

A Figura IV.5.7-1 é um exemplo de um espectro de Nível de Pressão Sonora de SPL médio e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculados a partir de sinais coletados por uma LFI, em 26/11/2017, na profundidade de 200 m.



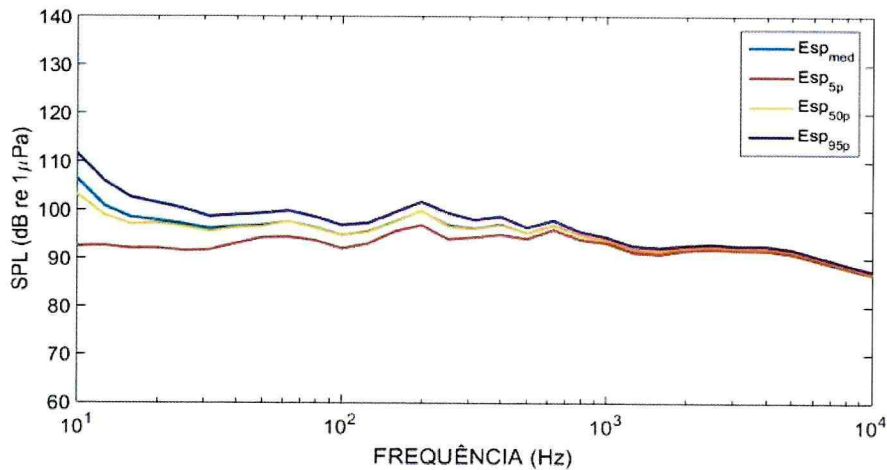


Figura IV.5.7-1: Exemplo de espectro de Nível de Pressão Sonora média e nos percentis de 5%, 50% e 95%, calculado a partir de um sinal gravado em uma LFI em 26/11/2017, para a profundidade de 200 m.

#### IV.5.8 DADOS AMBIENTAIS

Os dados ambientais são usados apenas quando são feitas análises para correlacionar estes parâmetros com os níveis de ruído obtidos no PMPAS-BS. Eles não ficam armazenados no sistema de informações do projeto. Por este motivo, o processamento a ser realizado nestes dados vai depender do teste específico sendo realizado e será descrito junto à descrição destes testes.

#### IV.5.9 DENSIDADE DE NAVIOS

O número de embarcações (NEMB) para cada região é calculado a partir dos registros presentes em cada hora cheia com uma margem de 10 minutos, totalizando um *duty cycle* de 33,3%, aproximadamente. Por exemplo, em um determinado dia o NEMB de uma região é calculado a partir das etapas abaixo:

- Determinam-se os intervalos de amostragem (Ex: 00h50min a 01h10min, 01h50min a 02h10min, 23h50min a 00h10);
- Verifica-se o NEMB para cada intervalo de amostragem;
- Excluem-se as informações enviadas mais de uma vez, para cada embarcação, dentro do intervalo de amostragem;



- Calcula-se o NEMB para cada intervalo de amostragem.

O NEMB é usado para quantificar a atividade antrópica associada ao tráfego de embarcações em uma determinada região. Nas análises apresentadas neste relatório, o NEMB é utilizado para avaliar sua influência nos níveis de ruído medidos pelos equipamentos de gravação acústica. São usados nesta contagem, apenas as embarcações que estejam dentro de um raio de 10km das posições onde ocorreram uma medição. Esta limitação considera que os navios muito distantes têm uma contribuição muito pequena, quando comparada com a contribuição de um navio passando próximo ao sensor.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

## V ATIVIDADES NO PERÍODO

### V.1 HISTÓRICO

Descritas neste relatório, estão as atividades do PMPAS-BS envolvendo o recebimento e processamento dos dados adquiridos no período de novembro de 2015 a dezembro de 2017, além das atividades de desenvolvimento de um modelo de ruído e de um sistema de informações para armazenamento e disponibilização dos dados.

Neste período, foram realizadas 19 campanhas de lançamento e recolhimento de *gliders*, uma campanha de lançamento das LFIs, com seis linhas com gravação acústica, oito campanhas de lançamento de perfiladores, com um total de 80 perfiladores, e 26 campanhas de lançamento e recolhimento de OSs.

### V.2 PRODUÇÃO DOS SERVIÇOS NO PERÍODO

#### V.2.1 RECEBIMENTO E PROCESSAMENTO DOS SINAIS ACÚSTICOS

No período compreendido nesse relatório foram recebidos e processados os seguintes conjuntos de dados:

- Perfiladores: no período entre novembro de 2015 e dezembro de 2017, os perfiladores realizaram 15.726 ciclos de medição, com um total de 73.378 janelas acústicas medidas, das quais 66.677 foram qualificadas, processadas e armazenadas, conforme detalhado na seção V.3.1;
- *Gliders*: no período entre 12 de dezembro de 2015 e 09 de dezembro de 2017, os *gliders* realizaram gravações acústicas em 1.357 mergulhos, gerando 70.399 arquivos, correspondendo a 3.200 horas de sinais, das quais foram eliminadas 164 horas (5,1%) por detecção de ruído próprio, conforme detalhado na seção V.3.2. As restantes foram qualificadas, processadas e armazenadas.
- Observatórios Submarinos: no período entre 16 de março de 2017 e 25 de janeiro de 2018, os OSs realizaram gravações acústicas em 133.125



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

arquivos, correspondendo a 12.845,8 horas de gravação que foram qualificadas, processadas e armazenadas conforme detalhado na seção V.3.3;

- Linhas de Fundeio Instrumentadas: no período entre 16 de outubro de 2017 e 12 de abril de 2018, as LFIs FA-2 e FA-4 realizaram gravações acústicas em 156.846 arquivos, correspondendo a 3.659,6 horas de gravação, conforme detalhado no item V.3.4. Os dados das LFIs ainda não foram qualificados, estando sendo definidos os procedimentos necessários para isto.

## V.2.2 SISTEMA DE INFORMAÇÃO

No presente momento, está sendo disponibilizada na *web* uma página contendo: o protótipo do portal com informações gerais sobre o projeto; o primeiro relatório entregue ao IBAMA (agosto de 2017); as posições geográficas das instalações dos equipamentos de monitoramento fixo (observatórios submarinos e linhas de fundeio instrumentadas); trajetórias percorridas durante determinado tempo por equipamentos móveis (*gliders* e perfiladores); e resultados do processamento dos dados coletados por equipamentos móveis, como espectros e mapas de Nível de Pressão Sonora.

Os resultados apresentados no portal são advindos do banco que armazena dados qualificados após a fase de processamento, com a remoção de trechos com ruídos próprios, remoção de *outliers* e remoção de trechos com fontes sonoras identificáveis próximas, conforme descrito no Apêndice F. Os seguintes parâmetros são armazenados, para cada trecho de sinal analisado, como apresentado em Lima e Paula, (2017):

- Data e hora do início do trecho;
- Latitude, longitude e profundidade no início do trecho;
- Temperatura e salinidade para o início do trecho;
- Sistema de aquisição usado;
- Espectros de 1/3 de oitava nas bandas de 10 Hz até o limite possível para cada sistema:



- No percentil de 5% para cada banda nos blocos de análise;
- No percentil de 50% para cada banda nos blocos de análise;
- No percentil de 95% para cada banda nos blocos de análise;
- Média para cada banda nos blocos de análise;
- SPL médio dos blocos de análise em toda a banda de frequência amostrada;
- SPL médio dos blocos de análise na banda de 10 Hz a 10 kHz;
- SPL máximo dos blocos de análise em toda a banda de frequência amostrada;
- SPL máximo dos blocos de análise na banda de 10 Hz a 10 kHz;
- SPL pico a pico do trecho em toda a banda de frequência amostrada;
- SPL pico a pico do trecho, para a banda de 10 Hz a 10 kHz;
- Densidade espectral de potência média, em unidade de dB ref.1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ , com resolução de 1 Hz, até a frequência de corte do equipamento ( $f_c = f_{\text{sampling}}/2$ ).

Além dos sinais acústicos, diversos outros parâmetros utilizados para o processamento desses sinais são coletados e armazenados no banco de dados, como:

- Informações de tempo: data e hora das medições;
- Informações de posição: latitude, longitude e profundidade das medições;
- Informações sobre embarcações próximas: dados AIS.

As figuras a seguir apresentam algumas telas preliminares do portal *web* para consulta aos dados processados pelo **SIMMAO**. A Figura V.2.2-1 apresenta a tela com a trajetória dos PABLOs. Ao selecionar um dos equipamentos é possível visualizar sua identificação e os espectros gravados (média e percentis de 5%, 50% e 95%), como mostra a Figura V.2.2-2.



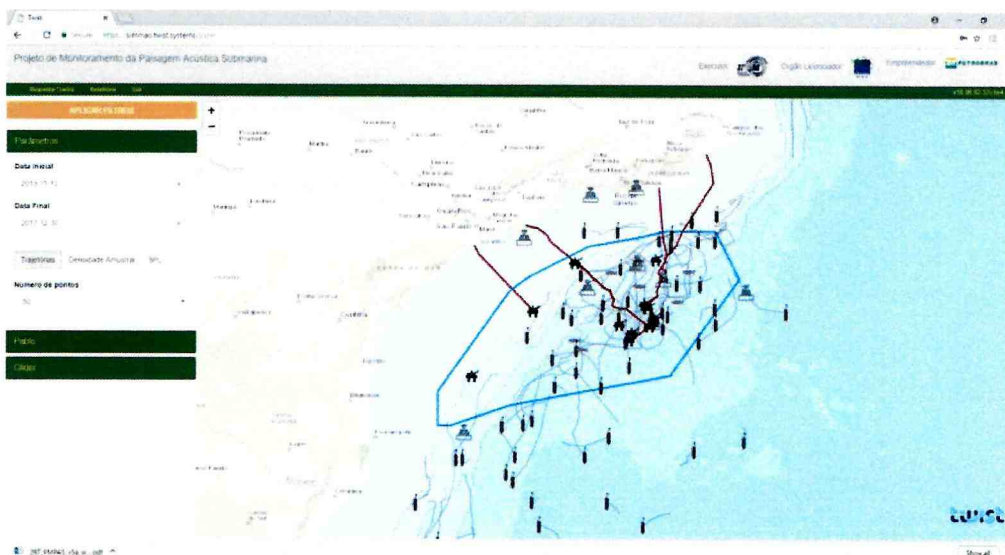


Figura V.2.2-1: Trajetória dos PABLOs (oito campanhas) até dezembro de 2017 - últimos 50 pontos.

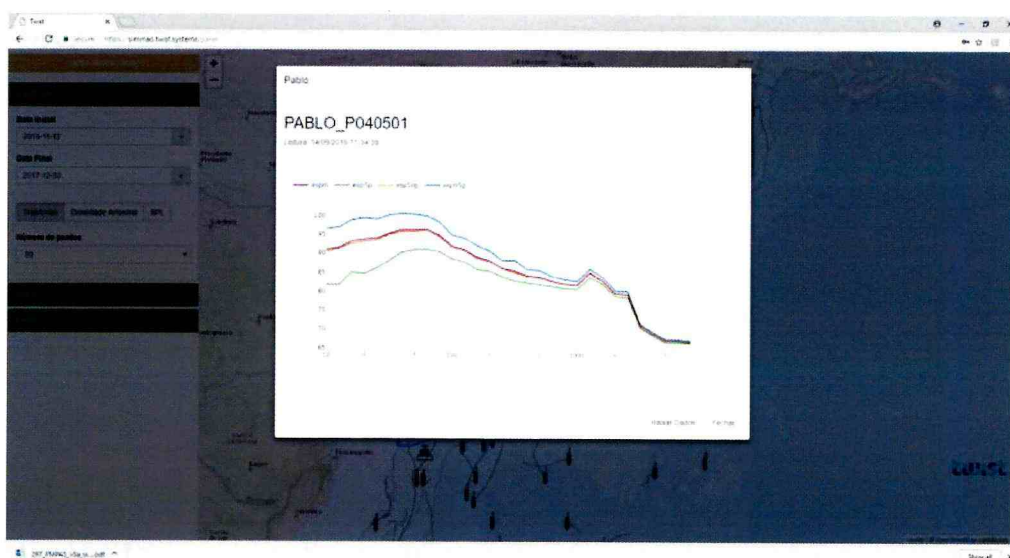


Figura V.2.2-2: Espectros gravados (média e percentis de 5%, 50% e 95%) para o PABLO P040501.

A Figura V.2.2-3 apresenta o mapa de energia para o parâmetro acústico  $SPL_{125Hz}$  enquanto que a Figura V.2.2-4 apresenta os espectros para uma região qualquer selecionada no mapa de energia da Figura V.2.2-3.

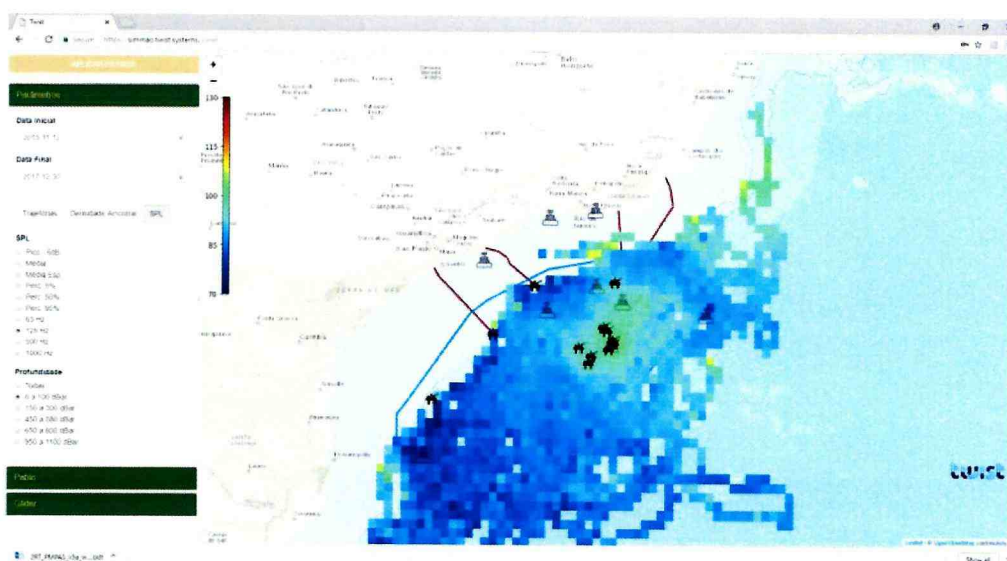


Figura V.2.2-3: Mapa de energia para o parâmetro acústico  $SPL_{125Hz}$  e profundidade de 100 m.



Figura V.2.2-4: Espectros de 1/3 de oitava nas bandas de 10 Hz até o limite possível no percentil de 50%.



## V.3 RESULTADOS NO PERÍODO

### V.3.1 PERFILADORES ACÚSTICOS

#### V.3.1.1 CICLOS DE COLETA

Os perfiladores foram lançados em oito ciclos executados pela empresa ProOceano (PROOCEANO, 2017), com o lançamento de 10 perfiladores por ciclo. No terceiro ciclo, apenas oito arquivos foram recebidos, uma vez que dois perfiladores não retornaram do seu primeiro mergulho.

A Tabela V.3.1.1-1 mostra os arquivos recebidos dos perfiladores entre 13 de novembro de 2015 e 01 de janeiro de 2018. Cada arquivo contém os dados de um único perfilador, sendo que as colunas da tabela apresentam o horário da primeira e da última leitura de cada perfilador, o número de janelas acústicas previstas (número de mergulhos x número de janelas programadas) e o número de janelas acústicas realmente efetuadas, respectivamente. Foram utilizados os dados de 78 perfiladores dos 80 perfiladores lançados tendo sido realizados 15.726 mergulhos no período. Do total de 78.630 janelas acústicas previstas, foram transmitidas 71.840.

Ainda na tabela, na penúltima coluna, é apresentado o número de vezes que o equipamento não obteve uma posição GPS ao final de um ciclo de operação, ficando, neste caso, sem a posição para as janelas acústicas deste ciclo. Na última coluna, é mostrado o número de pontos programado para a coleta de um perfil de temperatura durante a subida do perfilador.

Tabela V.3.1.1-1: Dados dos perfiladores lançados até o final do segundo semestre de 2017.

Perfilador	Primeira leitura	Última leitura	# Janelas previstas	# Janelas efetuadas	# mergulhos sem posição GPS	# pontos perfil temperatura
PABLO_P010101	13/11/15 03:52	02/07/16 22:38	1.160	1.134	1	0
PABLO_P010102	13/11/15 03:33	18/04/17 05:56	2.535	2.497	0	0
PABLO_P010201	13/11/15 12:07	19/11/16 19:39	1.610	1.602	0	0
PABLO_P010202	13/11/15 14:45	29/03/16 18:57	690	646	0	0
PABLO_P010301	13/11/15 23:53	08/07/16 17:59	1.175	1.168	0	0
PABLO_P010401	14/11/15 23:40	18/01/17 23:04	1.930	1.908	0	0
PABLO_P010402	14/11/15 22:00	11/12/15 17:50	140	140	0	0
PABLO_P010501	14/11/15 16:57	29/01/17 20:41	1.980	1.958	0	0
PABLO_P010502	14/11/15 14:53	12/10/16 15:53	1.420	1.416	1	0
PABLO_P010601	14/11/15 06:06	19/12/15 21:34	185	131	0	0
PABLO_P020101	03/02/16 17:18	29/04/16 20:30	425	332	0	201
PABLO_P020201	03/02/16 21:52	27/02/16 23:40	125	76	0	151
PABLO_P020301	04/02/16 01:23	02/03/16 23:38	145	123	0	151
PABLO_P020401	03/02/16 14:32	05/03/16 20:33	160	153	0	151



PABLO_P020501	03/02/16 15:19	16/02/16 20:03	65	65	0	151
PABLO_P020601	03/02/16 08:57	26/04/16 01:46	415	369	0	150
PABLO_P020701	03/02/16 09:04	09/08/16 14:17	935	767	0	148
PABLO_P020801	03/02/16 03:22	26/06/16 21:13	715	702	5	151
PABLO_P020901	03/02/16 01:08	15/07/17 00:14	2.630	2.625	0	169
PABLO_P021001	03/02/16 03:12	22/02/17 02:12	1.805	1.771	0	151
PABLO_P030101	22/04/16 18:22	11/05/16 19:44	100	55	0	0
PABLO_P030201	22/04/16 17:04	28/05/16 20:41	185	153	0	150
PABLO_P030301	23/04/16 03:44	15/05/16 19:56	120	82	0	146
PABLO_P030501	22/04/16 13:24	31/10/16 18:10	950	814	0	151
PABLO_P030601	21/04/16 02:08	16/05/16 19:24	135	133	0	150
PABLO_P030801	21/04/16 02:08	25/12/16 19:05	1.240	1.233	0	0
PABLO_P030901	21/04/16 03:33	26/06/17 18:35	2.135	2.127	2	0
PABLO_P031101	22/04/16 11:16	01/09/16 14:26	655	493	0	0
PABLO_P040101	15/07/16 15:10	08/10/16 20:33	425	290	0	150
PABLO_P040201	15/07/16 18:10	01/01/18 17:42	2515	2247	0	151
PABLO_P040301	15/07/16 23:08	20/07/16 02:08	25	20	0	122
PABLO_P040401	15/07/16 23:30	09/09/16 22:26	280	264	0	226
PABLO_P040501	16/07/16 03:18	17/12/17 15:21	2640	2535	0	240
PABLO_P040601	16/07/16 12:24	07/09/16 15:19	245	60	0	57
PABLO_P040701	16/07/16 18:48	17/09/16 02:31	295	80	0	150
PABLO_P040801	16/07/16 11:29	17/01/17 14:11	870	529	0	151
PABLO_P040901	16/07/16 11:54	01/01/18 18:14	2620	2490	0	359
PABLO_P041001	16/07/16 11:22	19/07/17 17:53	1.785	1.776	0	226
PABLO_P050101	22/10/16 09:48	24/12/17 17:29	2.105	1.926	0	771
PABLO_P050201	22/10/16 11:18	14/04/17 20:13	830	659	0	203
PABLO_P050301	22/10/16 07:57	02/01/18 09:04	2.440	2.284	0	241
PABLO_P050401	22/10/16 05:58	08/01/17 13:34	395	115	0	150
PABLO_P050501	22/10/16 00:57	02/01/18 00:59	2.275	2.028	0	501
PABLO_P050601	22/10/16 03:33	20/07/17 22:06	1.340	1.211	0	240
PABLO_P050701	22/10/16 02:03	01/01/18 06:43	2.355	2.138	0	240
PABLO_P050801	22/10/16 01:08	31/10/17 18:25	1.790	1.667	0	240
PABLO_P050901	21/10/16 20:07	06/10/17 21:39	1.690	1.585	0	726
PABLO_P051001	21/10/16 22:13	02/07/17 18:59	1.215	1.125	0	237
PABLO_P060101	15/01/17 06:28	08/03/17 17:27	260	258	0	150
PABLO_P060201	18/01/17 08:21	01/02/17 16:34	85	80	0	150
PABLO_P060301	15/01/17 17:18	01/01/18 19:07	1.745	1.084	0	751
PABLO_P060401	15/01/17 16:08	12/11/17 14:00	1.470	1.346	0	150
PABLO_P060501	15/01/17 20:24	01/01/18 19:14	1.760	1.741	0	150
PABLO_P060601	17/02/17 20:11	24/04/17 19:07	275	243	0	150
PABLO_P060701	18/02/17 01:23	08/09/17 21:07	995	809	0	351
PABLO_P060801	18/02/17 02:25	01/01/18 21:13	1.580	1.504	0	352
PABLO_P060901	18/02/17 02:12	13/07/17 19:37	720	692	0	476
PABLO_P061001	18/02/17 01:12	01/01/18 18:03	1.575	1.492	0	726
PABLO_P070101	01/05/17 02:29	22/10/17 19:24	855	842	0	751
PABLO_P070201	01/05/17 06:04	02/01/18 08:51	1.435	1.356	0	751
PABLO_P070301	01/05/17 12:22	02/05/17 19:09	10	10	0	150
PABLO_P070401	01/05/17 11:39	01/05/17 16:49	5	5	0	150
PABLO_P070501	01/05/17 13:17	07/09/17 00:27	640	598	0	240
PABLO_P070601	01/05/17 15:55	01/01/18 16:00	1.220	1.046	0	726
PABLO_P070701	01/05/17 18:14	01/01/18 05:02	1.400	1.311	0	726
PABLO_P070801	01/05/17 17:12	01/01/18 18:10	1.225	1.099	0	626
PABLO_P070901	01/05/17 23:55	01/01/18 07:23	1.250	887	0	751
PABLO_P071001	01/05/17 22:41	03/06/17 21:37	160	145	0	150
PABLO_P080101	17/08/17 20:54	01/01/18 18:59	670	621	0	726
PABLO_P080201	18/08/17 14:15	01/01/18 16:42	665	542	0	726
PABLO_P080301	18/08/17 02:48	20/11/17 19:37	385	360	15	726
PABLO_P080401	18/08/17 01:50	01/01/18 19:20	665	627	0	726
PABLO_P080501	18/08/17 01:38	01/01/18 19:44	675	661	0	151
PABLO_P080601	18/08/17 01:53	01/01/18 19:09	650	608	0	726
PABLO_P080701	19/08/17 14:24	01/01/18 22:19	625	615	0	151
PABLO_P080801	18/08/17 09:10	01/01/18 17:25	665	602	0	726
PABLO_P080901	18/08/17 11:41	19/11/17 21:39	470	381	0	726
PABLO_P081001	18/08/17 13:56	01/01/18 21:30	595	573	0	151
<b>Totais</b>			<b>27406.275</b>	<b>24729.158</b>		

Os pontos planejados de lançamento de cada ciclo são apresentados na Figura V.3.1.1-1, onde para cada uma das oito campanhas, foi escolhida uma



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

cor distinta. O tamanho dos pontos de cada campanha foi diferenciado de forma a permitir a visualização dos perfiladores lançados no mesmo ponto.

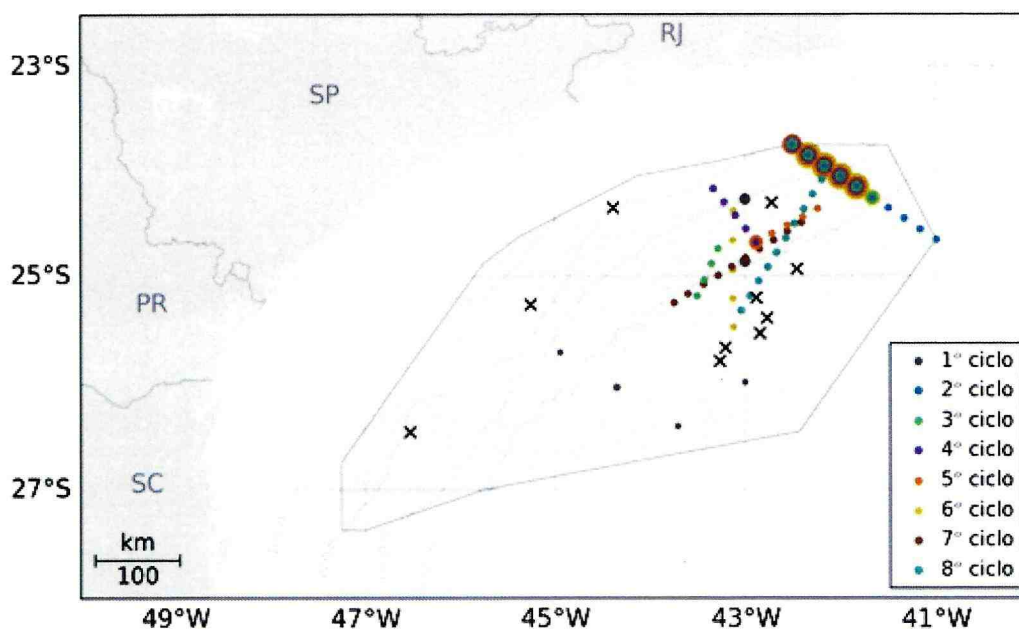


Figura V.3.1.1-1: Pontos planejados de lançamento dos PABLOs. (Fonte: ProOceano).

### V.3.1.2 TEMPOS DE VIDA DOS PERFILADORES

O tempo de vida dos perfiladores variou significativamente. A Figura V.3.1.2-1 apresenta a linha do tempo dos 78 perfiladores das oito primeiras campanhas. Estas linhas do tempo foram construídas ligando-se os tempos correspondentes às primeiras e últimas medições recebidas de cada perfilador. As linhas verticais tracejadas vermelha e azul indicam o trecho onde estão os dados utilizados neste relatório.



Bus  
Coordenador da Equipe



ulsoanf  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

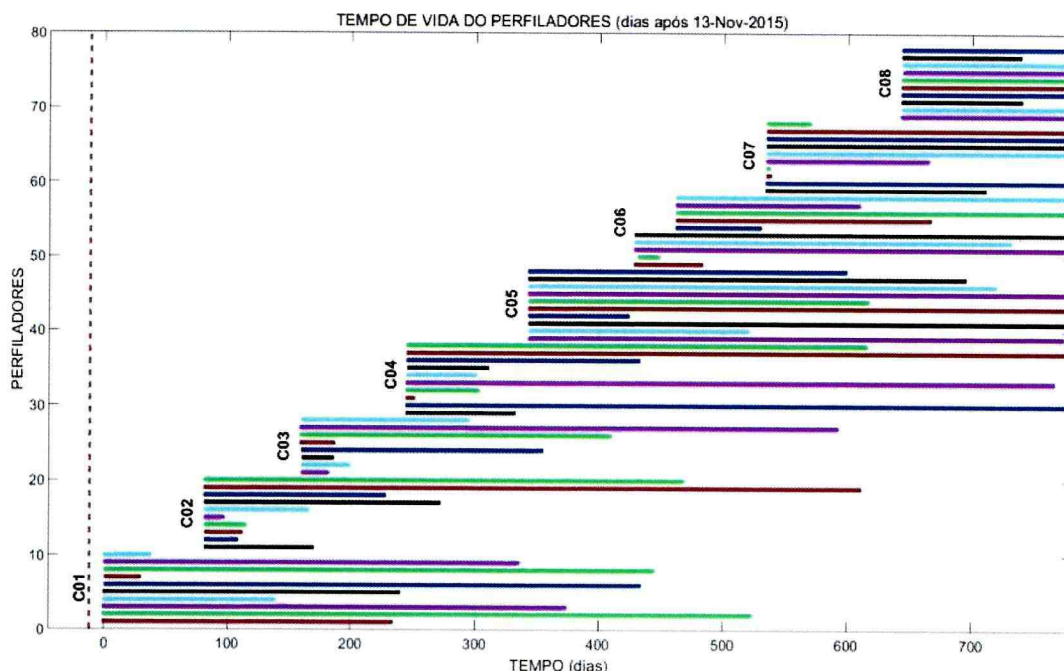


Figura V.3.1.2-1: Linha de tempo dos 78 perfiladores lançados até janeiro de 2018, em oito campanhas.

### V.3.1.3 TRAJETÓRIA DOS PERFILADORES

As trajetórias dos 78 perfiladores acústicos para o período de análise deste relatório são apresentadas na Figura V.3.1.3-1. De uma maneira geral, os perfiladores são lançados nos pontos definidos na Figura V.3.1.1-1 e derivam com o passar do tempo para a região sul do país. Dependendo do ponto de lançamento e da profundidade de estacionamento configurados no equipamento, pode ser possível manter o equipamento dentro da área de medição desejada por mais tempo.



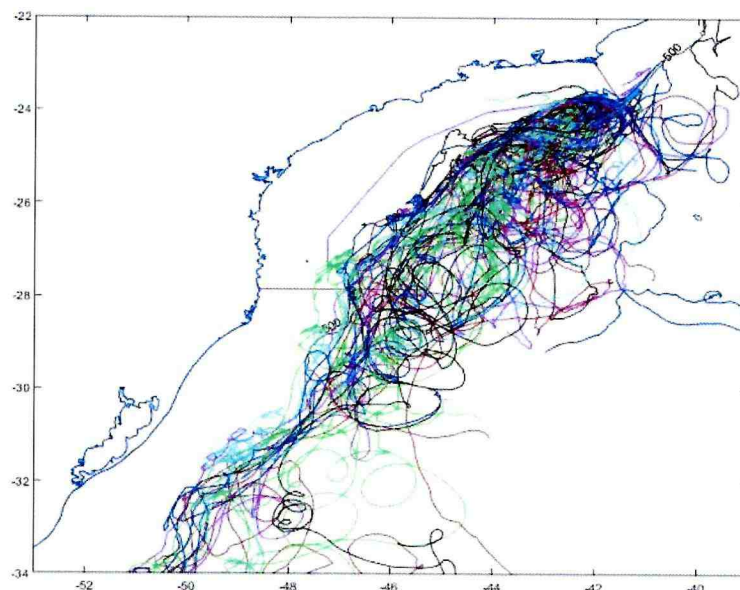


Figura V.3.1.3-1: Trajetórias dos 78 perfiladores lançados desde o início do projeto até o dia 15/01/2018.

#### V.3.1.4 MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS

Dos 78 lançamentos e até o final do período de referência desse relatório, foram realizados e transmitidos 15.726 perfis com total de 71.840 janelas gravadas.

Das janelas gravadas foram qualificadas 66.677, com medições distribuídas nas faixas de profundidade como mostrado na Tabela V.3.1.4-1.

Tabela V.3.1.4-1: Janelas acústicas gravadas por faixa de profundidade.

Profundidade (m)	Quantidade
0 - 100	14.472
100 - 400	15.535
400 - 650	14.670
650 - 850	13.583
850 - 1.100	13.580



## V.3.2 GLIDERS

### V.3.2.1 CICLOS DE COLETA

A operação dos *gliders* foi realizada pela empresa ProOceano, contratada pela Petrobras. Foram realizados 19 ciclos de lançamento e recuperação dos *gliders*, tendo sido recebidos arquivos de sinais correspondentes a 17 destes ciclos. Os *gliders* lançados nos ciclos 4 e 14 não puderam ser recuperados, tendo sido perdidas suas gravações acústicas, embora seus dados operacionais, que são transmitidos ao final de cada mergulho, estejam disponíveis. A Tabela V.3.2.1-1 mostra os dados operacionais de cada ciclo. Ao todo, os dados cobrem cerca de dois anos, de 12 de dezembro de 2015 a 09 de dezembro de 2017, tendo sido coletados dados por 733 dias. Durante o período de abrangência deste relatório, os *gliders* percorreram uma distância horizontal combinada de 10.599,6km, sendo realizados 4.126 mergulhos, com uma média de 5,5 mergulhos por dia.

Tabela V.3.2.1-1: Dados operacionais de cada ciclo do glider.

Ciclo	Glider	Início	Fim	Dias de coleta	Distância (km)	Mergulhos	Mergulhos / dia
1º	SG618	10/11/2015	20/12/2015	39	725	331	8,5
2º	SG618	08/01/2016	02/02/2016	25	444	214	8,2
3º	SG612	02/02/2016	20/04/2016	79	1.324	644	8,2
4º *	SG618	20/04/2016	07/07/2016	79	1.403	434	5,5
5º	SG612	07/07/2016	16/08/2016	40	468	234	5,8
6º	SG612	16/08/2016	16/09/2016	32	411	136	4,2
7º	SG612	16/09/2016	15/10/2016	30	561	126	4,2
8º	SG612	21/10/2016	20/11/2016	31	291	133	4,3
9º	SG612	20/11/2016	11/01/2017	53	613	219	4,1
10º	SG612	14/01/2017	16/02/2017	34	395	153	4,5
11º	SG569	17/02/2017	24/03/2017	36	601	262	7,3
12º	SG570	24/03/2017	30/04/2017	38	748	301	7,9
13º	SG569	30/04/2017	05/05/2017	3	32	16	5,3
14º *	SG570	05/05/2017	27/05/2017	23	397	131	5,7
15º	SG571	03/06/2017	12/07/2017	39	548	163	4,2
16º	SG612	12/07/2017	16/08/2017	36	406	152	4,2
17º	SG612	17/08/2017	04/10/2017	49	478,5	202	4,1
18º	SG612	04/10/2017	28/10/2017	25	234,4	100	4,0
19º	SG571	29/10/2017	09/12/2017	42	519,7	175	4,2
<b>Total:</b>				<b>733</b>	<b>10.599,6</b>	<b>4.126</b>	<b>5,5</b>

\* Glider não recuperado



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

### V.3.2.2 TRAJETÓRIAS DOS GLIDERS

A Figura V.3.2.2-1 apresenta as trajetórias de 17 dos 19 *gliders* lançados. Os *gliders* foram controlados para se manterem a maior parte do tempo de sua vida útil no interior da área geográfica da Bacia de Santos (AGBS), tendo este objetivo sido atingido com sucesso.

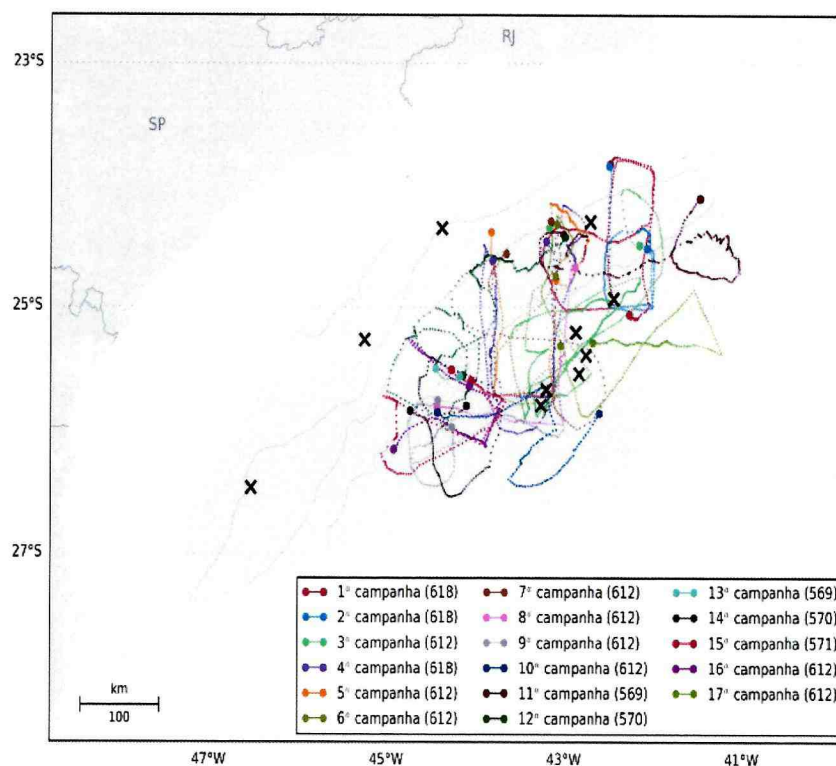


Figura V.3.2.2-1: Trajetórias percorridas pelos gliders lançados nos 17 primeiros ciclos.

### V.3.2.3 MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS

Conforme detalhado na Seção V.3.2.1, no período entre 12 de dezembro de 2015 e 09 de dezembro de 2017, os *gliders* realizaram 4.126 mergulhos (média de 5,5 por dia), com gravação acústica em 1.357 mergulhos, gerando de 70.399 arquivos, correspondendo a 3200 horas de sinais, das quais foram eliminadas 164 horas (5,1%) por detecção de ruído próprio.

A Tabela V.3.2.3-1 apresenta as informações sobre os dados acústicos coletados em cada ciclo. De acordo com a tabela, foi gravado um total de 70.399 arquivos, correspondendo a 3.200 horas de sinais. Não houve aquisição de

dados em todos os mergulhos, sendo que as gravações ocorreram em 1.357 dos 4.126 mergulhos realizados.

Tabela V.3.2.3-1: Informações dos dados acústicos coletados por ciclo.

Ciclo	Glider	# Arquivos	Tempo de gravação (horas)	Mergulhos com gravação	Ruído próprio (horas/% do total)
1º	SG618	7960	262	187	15,6 (5,9%)
2º	SG618	1652	54	48	4,0 (7,4%)
3º	SG612	7393	244	159	25,3(10,4%)
4º*	SG618	0	0	0	0
5º	SG612	3807	186	75	8,4 (4,5%)
6º	SG612	3490	173	60	11,6 (6,7%)
7º	SG612	3342	166	58	8,9 (5,4%)
8º	SG612	3374	167	54	13,5 (8,1%)
9º	SG612	6285	312	108	10,5 (3,4%)
10º	SG612	2121	105	39	9,1 (8,7%)
11º	SG569	4351	215	76	7,8 (3,6%)
12º	SG570	3607	178	90	9,6 (5,4%)
13º	SG569	283	14	11	0,6 (4,3%)
14º*	SG570	0	0	0	0
15º	SG571	4691	232	78	7,2 (3,1%)
16º	SG612	4155	206	71	6,3 (3,1%)
17º	SG612	5780	285,6	101	12,8 (4,5%)
18º	SG612	2944	145,3	52	4,8 (3,3%)
19º	SG571	5164	255,1	90	8,2 (3,2%)
<b>Total:</b>		<b>70.399</b>	<b>3.200</b>	<b>1.357</b>	<b>164,2(5,1%)</b>

### V.3.3 OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS

#### V.3.3.1 CICLOS DE COLETA

Os equipamentos instalados nos OSs foram configurados para realizarem, preferencialmente, a gravação contínua dos sinais recebidos pelos seus hidrofones. Foram realizadas 26 campanhas de lançamento e recuperação dos gravadores acústicos dos OSs, entre 16 de março de 2017 a 25 de janeiro de 2018. A Tabela V.3.3.1-1 apresenta, para cada campanha, os instantes de entrada e de saída do equipamento na água. Nesta tabela, a posição dos OS é indicada na primeira coluna, onde OS1 = Baía de Guanabara, OS2 = Baía de Ilha Grande e OS3 = Canal do Porto de São Sebastião. São indicados, também, se ocorreram problemas durante as gravações, como a interrupção inesperada da gravação ou a existência de ruídos do próprio sistema de gravação, dentre outros.





Tabela V.3.3.1-1: Dados dos arquivos gravados nas campanhas.

Campanha / Ciclo / Sensor	Entrada na água	Saída da água	# Arquivos	Tempo submerso (horas)	OBS.
L01 / OS1-1 OP005	08MAR2017 14h30m40s	23MAR2017 14h30m06s	3.600	360	Ocorreram falhas de gravação até o dia 14MAR
L03 / OS3-1 OP001	16MAR2017 14h25m01s		6.070	607	Não gravou saída da água
L04 / OS1-2 OP004	27MAR2017 18h00m39s	11MAI2017 17h49m26s	10.798	1.079,8	
L06 / OS3-2 OP005	28ABR2017 11h13m17s		8.545	854,5	Não gravou saída da água
L07 / OS1-3 OP001	11MAI2017 15h05m39s	26JUN2017 11h03m17s	11.238	1.123,8	
L09 / OS2-1 OP004	24MAI2017 10h50m02s		10.190	1.019	Não gravou saída da água
L10 / OS3-3 OP005	14JUN2017 19h05m42s	13JUI2017 14h56m07s	6.918	691,8	
L11 / OS1-4 OP001	06JUL17 11h45m07s	16AGO17 13h51m38s	9.860	986	OceanPod defeituoso. Gravação com chiado. Dados não aproveitados.
L12 / OS2-2 OP004	11JUL17 20h05m24s	22AGO17 16h13m40s	10.041	1.004,1	
L13 / OS3-4 OP001	13JUL17 19h28m05s		5.217	521,7	Sem gravações nos cartões #01 e #02 Não gravou saída da água
L14 / OS2-3 OP004	28AGO2017 15h46m00s	16OUT2017 15h11m00s	11.779	1.175,1	
L15 / OS3-5 OP001	31AGO2017 13h32m49s	x-x-x-x	1.153	115,3	Não gravou a saída da água
L16 / OS1-5 SAASS_MK1	26SET2017 16h28m01s	x-x-x-x	1.330	83,1	Não gravou a saída da água
L17 / OS1-6 SAASS_MK1	04OUT2017 17h12m21s	10OUT2017 14h38m25s	1.699	141,5	
L18 / OS1-7 SAASS_MK1	10OUT2017 20h04m14s	x-x-x-x	2.010	167,4	Não gravou a saída da água
L19 / OS2-4 OP004	x-x-x-x	x-x-x-x	0	0	Não foram observadas entrada e saída da água. Dados não aproveitados.
L20 / OS3-6 SAASS_MK1	19OUT2017 14h22m01s	x-x-x-x	3.593	299,3	Não gravou a saída da água
L21 / OS1-8 SAASS_MK1	x-x-x-x	x-x-x-x	0	0	Não foi possível recuperar dados. Dados não aproveitados.
L22 / OS3-7 SAASS_MK1	09NOV2017 10h03m36s	22NOV2017 14h20m51s	3.803	316,8	
L23 / OS1-9 SAASS_MK1 c/ intervalômetro	17NOV2017 10h18m00s	x-x-x-x	1.100	91,2	Não gravou a saída da água
L24 / OS3-8 SAASS_MK1 c/ intervalômetro	23NOV2017 15h05m32s	x-x-x-x	1.308	108	Não gravou a saída da água
L25 / OS1-10 SAASS_MK1 c/ intervalômetro	08DEZ2017 15h19m26s	x-x-x-x	1.182	97,6	Não gravou a saída da água
L25 / OS1-10 SAASS_MK2	06DEZ2017 13h43m07s	10JAN2018 11h39m06s	9.907	825,6	
L26 / OS2-5 OP004	07DEZ2017 13h19m22s	25JAN2018 14h41m42s	11.784	1.177,2	
<b>Totais</b>			<b>133.125</b>	<b>12.845,8</b>	



### V.3.3.2 MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS

Foram gravados 133.125 arquivos, correspondendo a um tempo total de 12.845,8 horas de gravação, das quais cerca de 10.500 horas foram qualificadas, processadas e armazenadas.

A Figura V.3.3.2-1 mostra um diagrama temporal indicando as gravações executadas em cada uma das campanhas analisadas neste relatório. Os segmentos de reta correspondem a trechos com gravação contínua. Nesta figura, está incluído apenas o tempo em que o equipamento já estava na água, não incluindo trechos antes da sua instalação ou após sua retirada dos observatórios submarinos. As linhas inclinadas correspondem a trechos onde foram programadas gravações por 30 minutos seguidas por um tempo de 90 minutos de pausa. Este procedimento foi realizado em alguns ciclos nos quais os equipamentos disponíveis para a gravação não possuíam autonomia suficiente, caso fizessem a gravação contínua dos sinais.

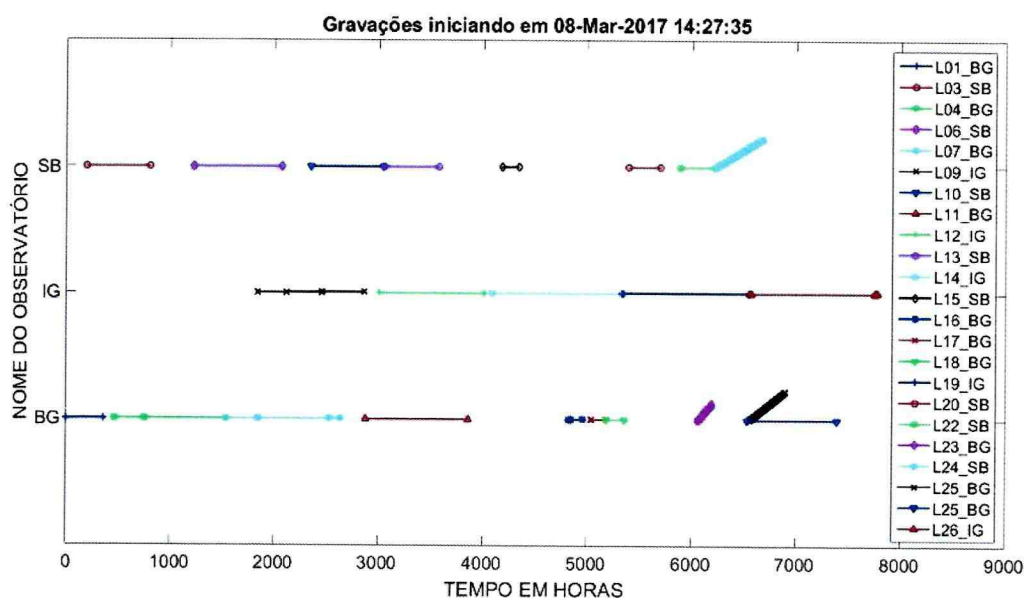


Figura V.3.3.2-1: Diagrama temporal indicando as gravações executadas em cada um dos lançamentos analisados neste relatório. As linhas inclinadas no gráfico correspondem a trechos onde as gravações foram realizadas de forma pulsada, com 30 minutos de gravação por 90 minutos de pausa.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

## V.3.4 LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS

### V.3.4.1 CICLOS DE COLETA

Foram instaladas seis linhas de fundeio com instrumentação acústica nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m. A profundidade local e a posição relativa das linhas são apresentadas na Tabela V.3.4.1-1.

Tabela V.3.4.1-1: Posições das Linhas de Fundeio Instrumentadas.  
(Fonte: Gardline)

Fundeio	Profundidade (m)	Região
FA01	2.200	Impactada por atividade E&P
FA02	2.000	Em desenvolvimento de atividade E&P
FA03	2.850	Região sem atividade E&P
FA04	1.100	Região sem atividade E&P
FA05	1.100	Rota de navegação de E&P
FA06	1.100	Rota de navegação de E&P

A Figura V.3.4.1-1 mostra estas posições em um mapa geográfico da região, juntamente com algumas plataformas presentes na região.

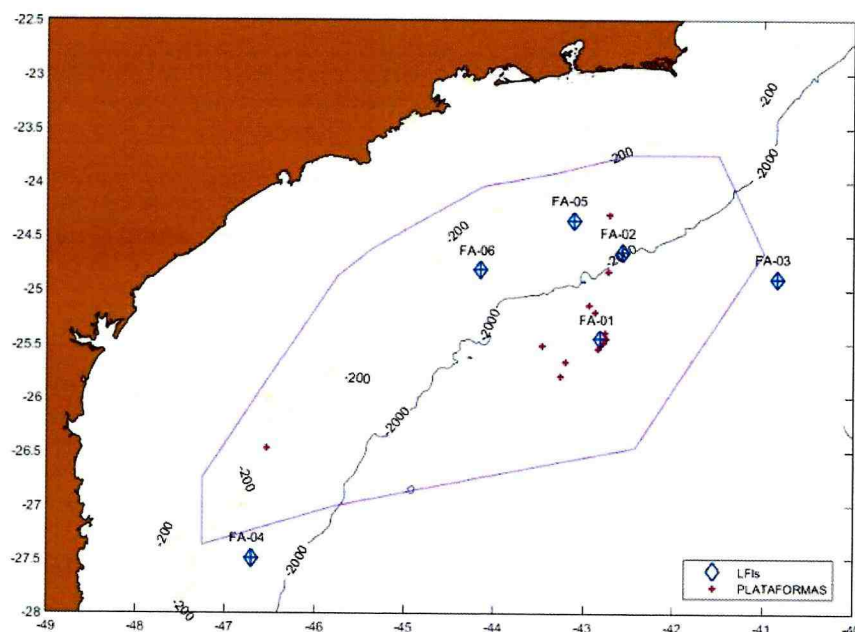


Figura V.3.4.1-1: Mapa da costa sul-sudeste do Brasil mostrando a localização dos fundeios instalados. As cruzes vermelhas indicam a posição de algumas plataformas de Petrobras. (Fonte: Gardline).



### V.3.4.2 MEDIÇÕES ACÚSTICAS OBTIDAS

Foram processados sinais correspondentes a duas das seis linhas lançadas no primeiro ciclo de lançamento das, denominadas FA02 (linha em região de desenvolvimento de atividade de E&P, afetada por rota de apoio para E&P) e FA04 (linha ao Sul da Bacia de Santos, em região sem atividade de E&P e fora de rota preferencial de navegação de E&P). A Tabela V.3.4.2-1 mostra os dados operacionais das linhas. Foram gravados 156.846 arquivos de áudio, correspondendo a 3.659,6 horas de gravação.

Tabela V.3.4.2-1: Dados Operacionais das linhas FA02 e FA04.

Linha	Prof. (m) / Prof. Local (m)	Equip. / Hidrofone	Primeiro Arquivo	Último Arquivo	# Arq.	Gravação (horas)
FA02	50 / 2.000	AMAR045 / M14-C000807	20171016 130001	20180412 164001	25.655	598,6
FA02	200 / 2.000	AMAR096 / M14-C000809	20171016 130001	20180412 164001	25.655	598,6
FA02	950 / 2.000	AMAR116 / M36-C000056	20171016 130001	20180412 180001	25.663	598,8
FA04	50 / 1.100	AMAR124 / M14-C000806	20171019 160001	20180422 122001	26.619	621,1
FA04	200 / 1.100	AMAR147 / M14-C000808	20171019 160001	20180422 124001	26.621	621,1
FA04	950 / 1.100	AMAR148 / M14-C000804	20171019 160001	20180422 144001	26.633	621,4
TOTAIS					156.846	3.659,6



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

## **V.4 ANÁLISES PRELIMINARES NO PERÍODO**

Após o processamento dos sinais e a extração de seus parâmetros, têm sido realizadas visualizações destes resultados com os objetivos de familiarização com as ferramentas de processamento e de aperfeiçoamento de metodologias de qualificação e de detecção de eventos. Esta seção apresenta os resultados de algumas destas análises e a consequente identificação de alguns eventos.

### **V.4.1 ANÁLISES TEMPORAIS**

#### **V.4.1.1 AVALIAÇÃO DOS SINAIS GRAVADOS PELOS OSs**

Durante o período que os sistemas de aquisição permaneceram instalados nos observatórios submarinos, foram realizadas gravações de forma contínua em arquivos sequenciais em quase todos os ciclos. Numa análise preliminar nos dados da primeira campanha, na Baía de Guanabara, foi possível verificar que os sinais nas gravações apresentaram amplitudes adequadas à faixa dinâmica dos equipamentos, não sendo estas amplitudes muito baixas, onde poderia haver contaminação com os ruídos inerentes da conversão analógico-digital, nem muito altas, onde poderiam provocar a distorção dos sinais por saturação.

Na Figura V.4.1.1-1, é apresentado um exemplo de trecho de sinal com o ruído ambiente, obtido por um OS. Pode-se observar a presença de alguns pulsos no sinal, que correspondem a cliques não classificados produzidos, provavelmente, pela vida marinha local. Estes cliques devem ser considerados como parte do ruído ambiente.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

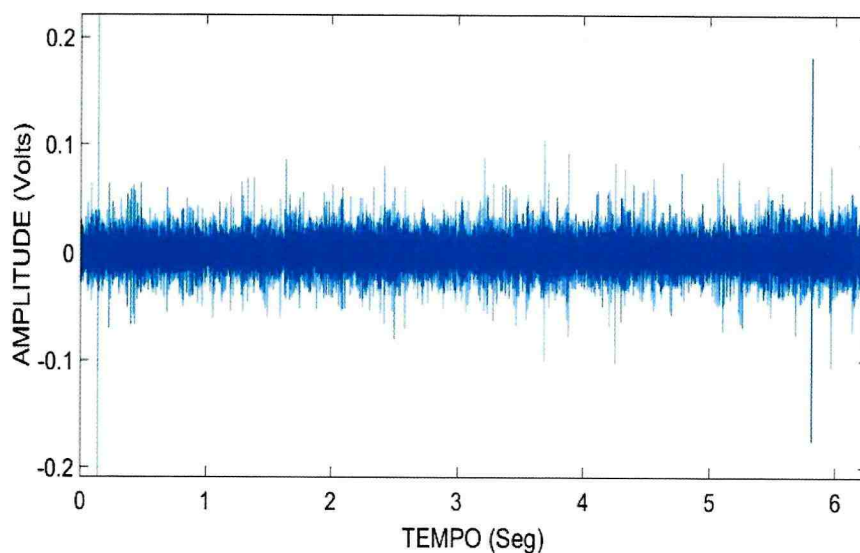


Figura V.4.1.1-1: Trecho de sinal com o ruído ambiente.

Um dos objetivos principais dos observatórios submarinos é a obtenção do nível da fonte (**SL = Source Level**) de navios da Petrobras e de terceiros que trafegarem próximo aos OS. Os SL destes navios serão usados nos modelos para a construção de mapas geográficos com níveis de ruído na Bacia de Santos. A Figura V.4.1.1-2 mostra, como exemplo, o sinal captado no OS da Baía de Guanabara durante a passagem de dois navios, podendo-se observar as elevações dos níveis do sinal acústico.

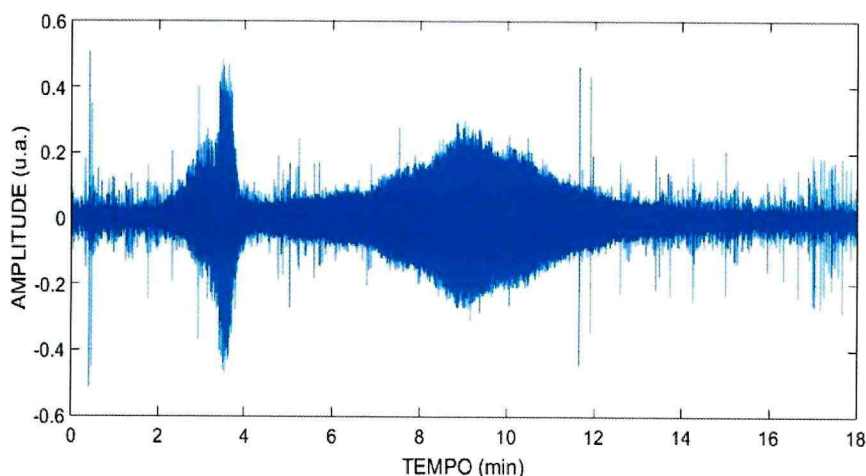


Figura V.4.1.1-2: Exemplo de sinal de passagem de dois navios captados no OS da Baía de Guanabara.



Na Figura V.4.1.1-3, é apresentado um espectrograma de 1/3 de oitava correspondente a cerca de seis minutos de gravação em um trecho em que se pode observar a passagem de um navio.

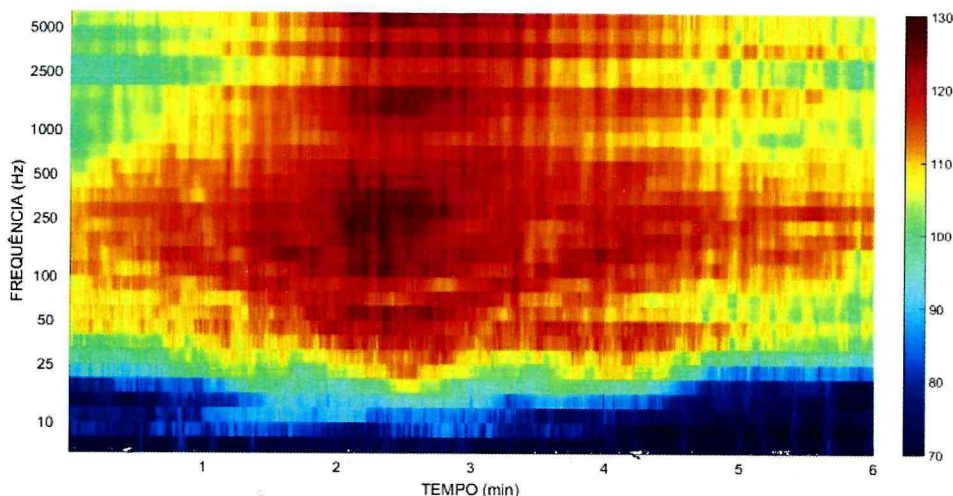


Figura V.4.1.1-3: Espectrograma de sinais durante a passagem de um navio.

#### V.4.1.2 EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS ESPECTRAIS (OSs)

São apresentados a seguir alguns exemplos da evolução temporal do parâmetro espectral  $SPL_{50P}$  das observações pelos OSs.

##### A) BAÍA DA GUANABARA (OS-1)

A Figura V.4.1.2-1 apresenta a evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50P}$  durante a campanha L07, realizada na Baía de Guanabara e iniciada em 10 de maio de 2017, com duração de mais de 45 dias. Neste gráfico, que apresenta uma parte dos dados coletados, é possível ver uma série de picos que correspondem à passagem de embarcações pelo OS.

Nela, os picos estreitos correspondem a ruídos irradiados por navios, durante a sua passagem, mas podem-se observar flutuações na base da curva, que corresponderia ao ruído ambiente.



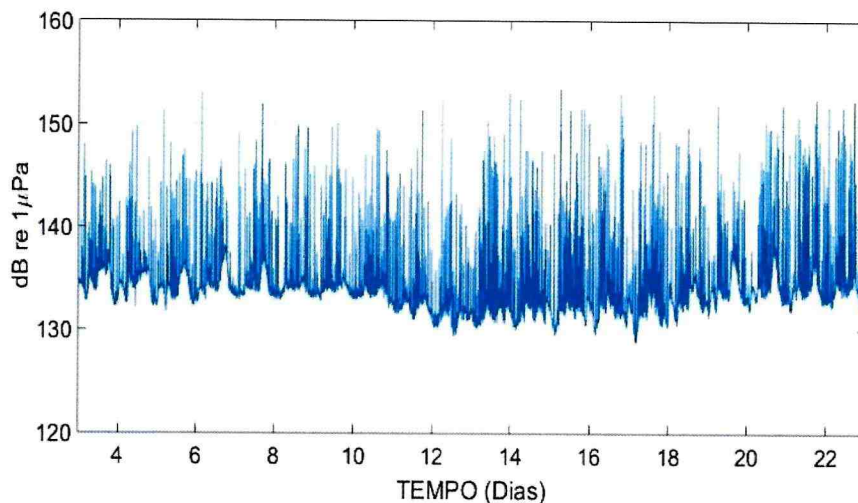


Figura V.4.1.2-1: Evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50p}$ .

Para melhor observar a flutuação dos Níveis de Pressão Sonora correspondente ao ruído ambiente, foi feita uma ampliação para representar apenas dois dias, apresentada na Figura V.4.1.2-2, mostrando alguns picos correspondendo à passagem de navios e também uma flutuação do Nível de Pressão Sonora durante algumas horas, com elevação de cerca de 10 dB e parecendo se repetir diariamente. As causas desta flutuação ainda não foram investigadas.

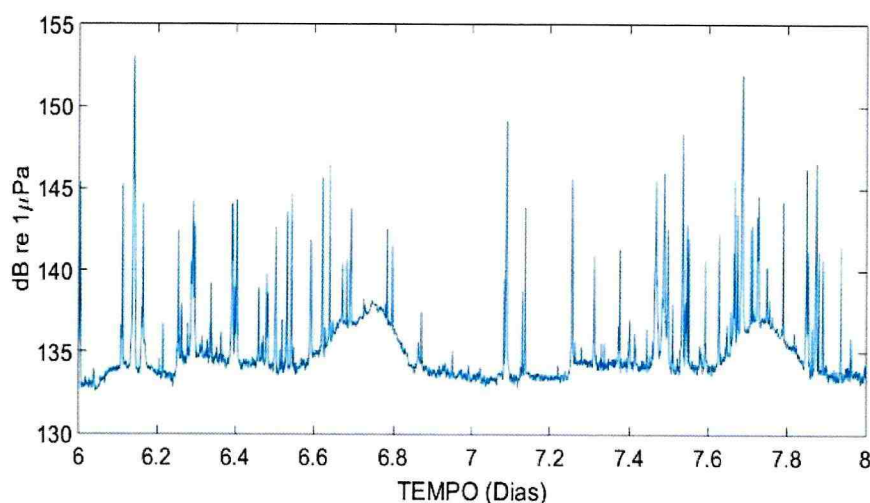


Figura V.4.1.2-2: Ampliação de um trecho do gráfico da Figura V.4.1.2-1.

Os gráficos a seguir mostram os Níveis de Pressão Sonora ( $SPL_{esp\_50p}$ ) correspondentes aos filtros de 1/3 de oitava centrados nas frequências de 63 Hz





(Figura V.4.1.2-3) e de 125 Hz (Figura V.4.1.2-4). Cada linha da figura corresponde a um dia de medição, sendo que o eixo horizontal corresponde às horas do dia e o eixo vertical ao número de dias a partir do dia 07 de março de 2017. Nestas figuras, são apresentados dados dos três primeiros ciclos efetuados no observatório submarino da Baía de Guanabara (OS1-1 a OS1-3). A grande quantidade de pontos com Nível de Pressão Sonora alto está associada à passagem de embarcações. Nas figuras, a linha mais escura em torno de 20 dias do início corresponde a um trecho sem medição, onde o equipamento foi retirado para manutenção.

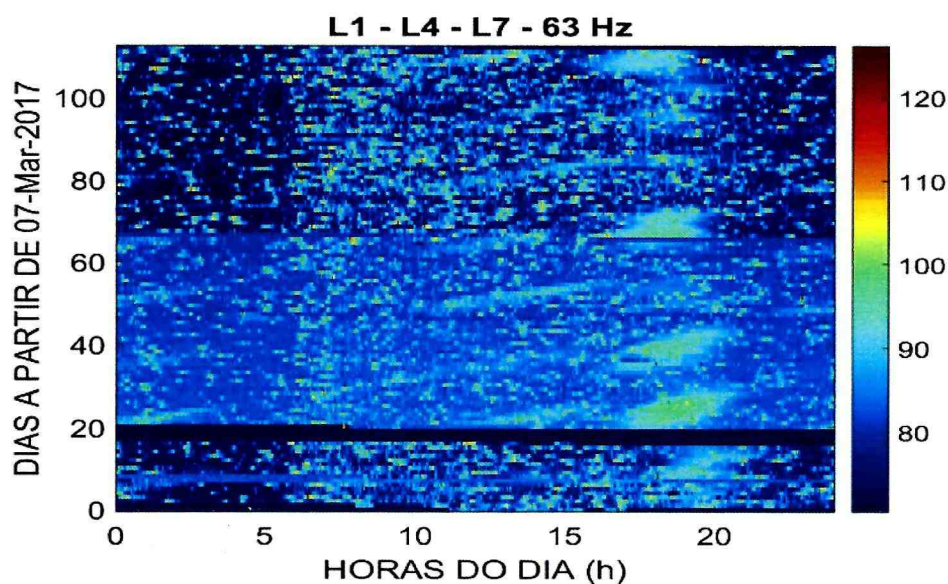


Figura V.4.1.2-3:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1  $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS1 (BG).

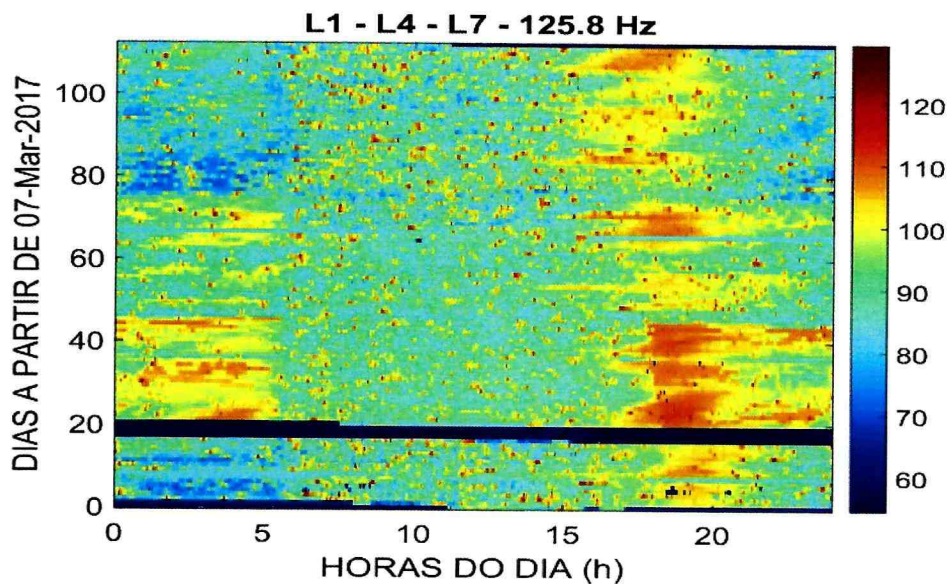


Figura V.4.1.2-4:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS1 (BG).

Percebe-se a existência de padrões que ocorrem predominantemente ao fim da tarde e início da noite. Não foram identificadas as fontes destes ruídos. Pesquisas deverão ser feitas para correlacionar estas elevações de energia com o aumento das correntes passando pelo OS devido às marés na região, ou mesmo devido à presença de vida marinha no local.

#### B) BAÍA DA ILHA GRANDE (OS-2)

A Figura V.4.1.2-5 apresenta a evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50P}$  durante a campanha L07, que realizada na Baía de Ilha Grande (OS-2) e iniciada em 12 de maio de 2017, com duração de 45 dias. A figura mostra um intervalo de 20 dias.

  
Coordenador da Equipe  
Técnico Responsável2º Relatório  
TécnicoRevisão 00  
08/2018

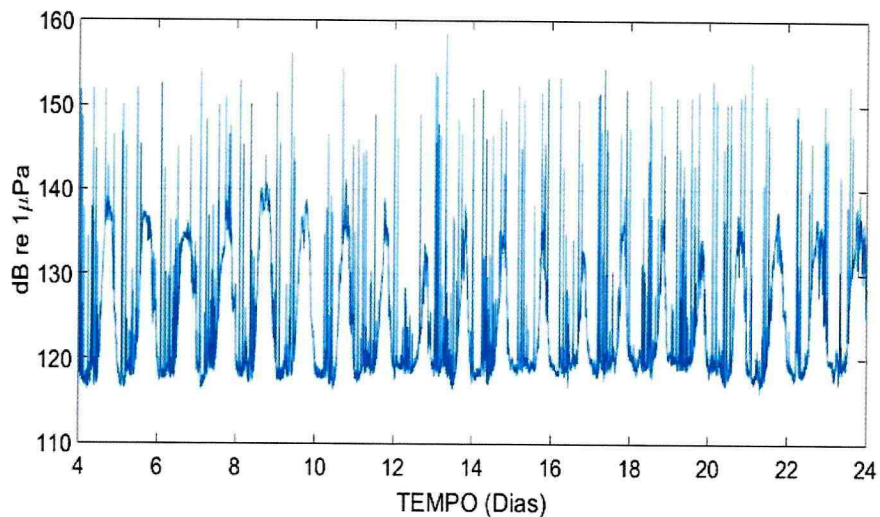


Figura V.4.1.2-5: Evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50P}$  na Baía de Ilha Grande.

A Figura V.4.1.2-6 é uma ampliação de um trecho de dois dias da Figura V.4.1.2-5 e mostra uma série de picos que correspondem à passagem de embarcações pelo OS, e também uma flutuação do Nível de Pressão Sonora que dura algumas horas, com elevação de cerca de 20 dB (maior do que na Baía da Guanabara) e parecendo se repetir diariamente. As causas desta flutuação deverão ser investigadas.

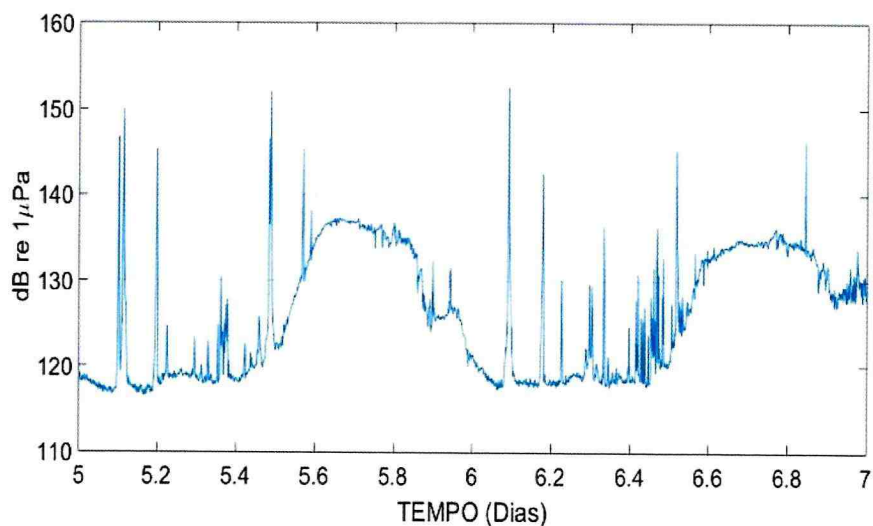


Figura V.4.1.2-6: Ampliação de um trecho do gráfico, com intervalo de dois dias.

A seguir são mostrados gráficos para os Níveis de Pressão Sonora ( $SPL_{esp\_50p}$ ) correspondentes aos filtros de 1/3 de oitava centrados nas



frequências de 63 Hz (Figura V.4.1.2-7) e de 125 Hz (Figura V.4.1.2-8). Cada linha da figura corresponde a um dia de medição, sendo que o eixo horizontal corresponde às horas do dia e o eixo vertical ao número de dias a partir do dia 21 de maio de 2017. Nestas figuras, são apresentados dados dos dois primeiros ciclos efetuados no observatório submarino da Baía da Ilha Grande (OS2-1e OS2-2). A grande quantidade de pontos com Nível de Pressão Sonora alto está associada à passagem de embarcações.

Na Figura V.4.1.2-8, pode-se observar, também, a existência de elevações de energia ao final dos dias, sem que tenham sido identificadas as fontes destes ruídos. A faixa azul mais escura no meio do gráfico corresponde a um período entre ciclos, onde não foram coletados dados.

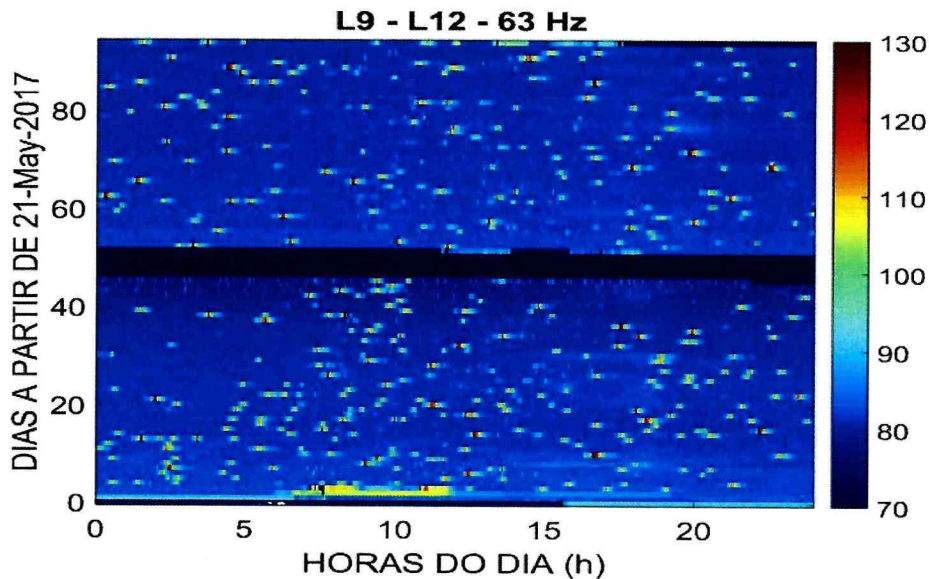


Figura V.4.1.2-7:  $SPL_{esp_{50p}}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2 (IG).

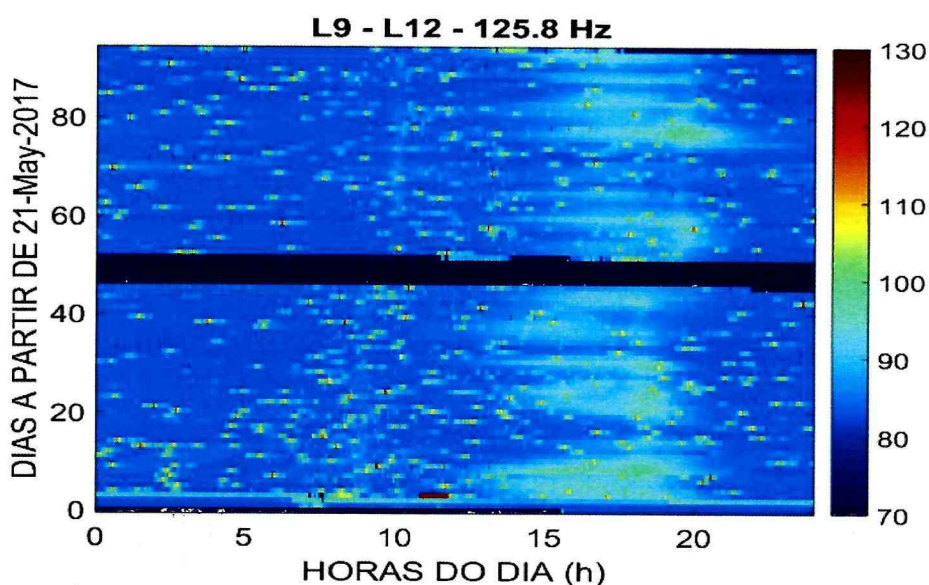


Figura V.4.1.2-8:  $SPL_{esp,50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2 (IG).

O Nível de Pressão Sonora para o filtro de 1/3 de oitava na frequência de 1.000 Hz também foi investigada na Figura V.4.1.2-9 e também mostra a elevação cíclica de energia no fim da tarde e início da noite. Existe uma diferença nas faixas de horários observadas na Figura V.4.1.2-8 e na Figura V.4.1.2-9, podendo indicar que correspondam a fontes diferentes de ruído.

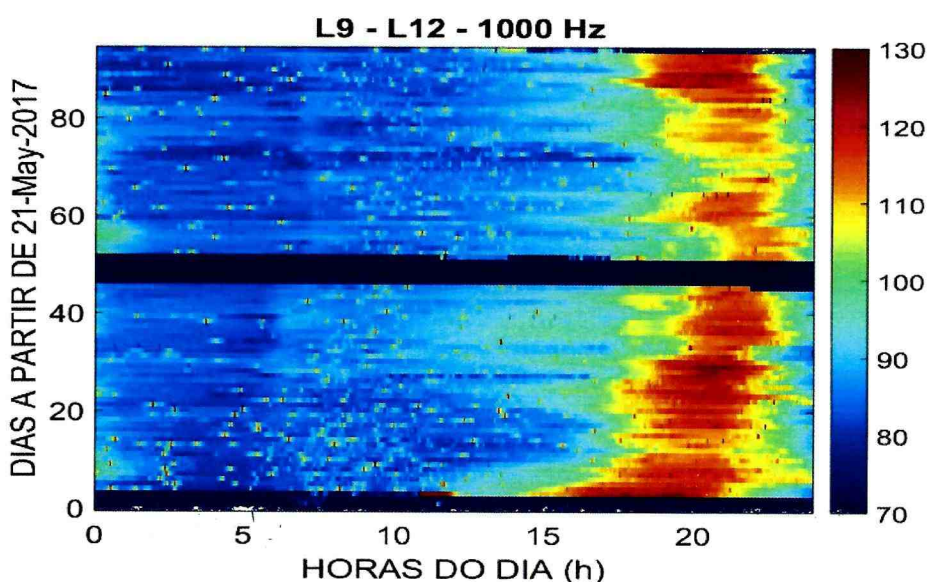



Figura V.4.1.2-9:  $SPL_{esp,50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , na no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 1.000 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS2.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

A Figura V.4.1.2-10 apresenta um espectrograma cobrindo as 24 horas do dia 21 de setembro de 2017, mostrando as elevações do Nível de Pressão Sonora em torno das frequências de 300 Hz e de 800 Hz, que ocorrem no período noturno.

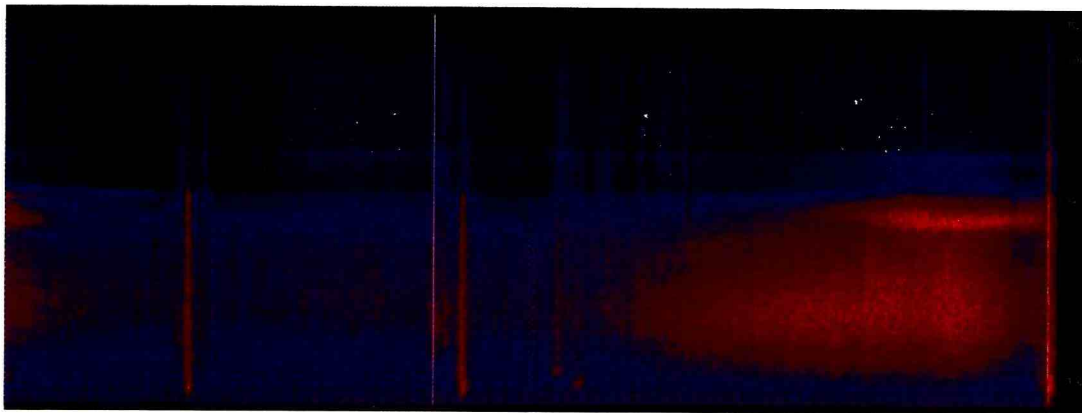


Figura V.4.1.2-10: Espectrograma dos sinais gravados no OS2 durante 24 horas, no dia 21 de setembro de 2017.

### C) CANAL DE SÃO SEBASTIÃO (OS-3)

A Figura V.4.1.2-11 apresenta a evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50P}$  durante a campanha L06, realizada no Canal de São Sebastião e iniciada em 27 de abril de 2017, com duração de 36 dias. Neste gráfico, que apresenta uma parte dos dados coletados, é possível ver uma série de picos que correspondem à passagem de embarcações pelo OS e também uma flutuação do Nível de Pressão Sonora durante algumas horas, com elevação menor que 10 dB e parecendo se repetir diariamente. Para melhor observar estas variações diárias, a Figura V.4.1.2-12 mostra uma ampliação de apenas dois dias dos dados da Figura V.4.1.2-11.



Coordenador da Equipe



Técnico Responsável

2º Relatório  
TécnicoRevisão 00  
08/2018

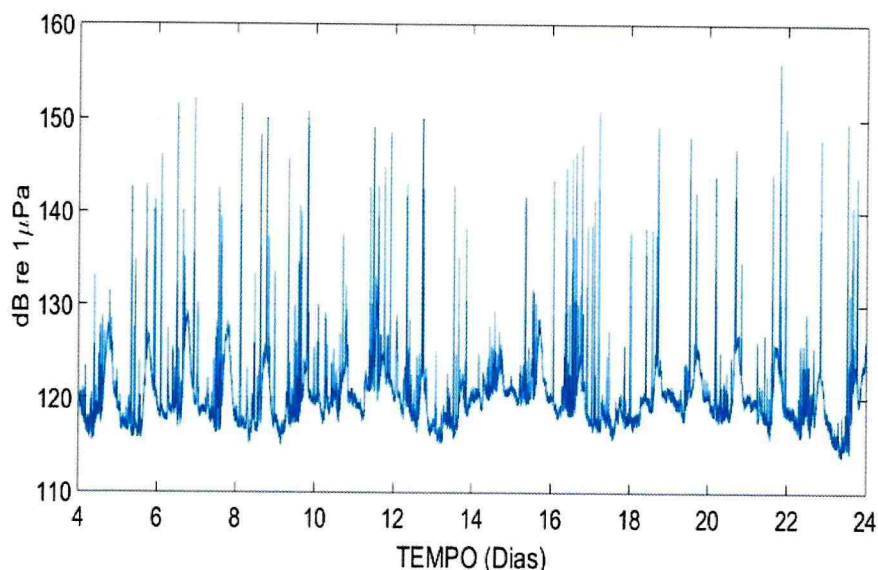


Figura V.4.1.2-11: Evolução temporal do parâmetro  $SPL_{50P}$  no OS3.

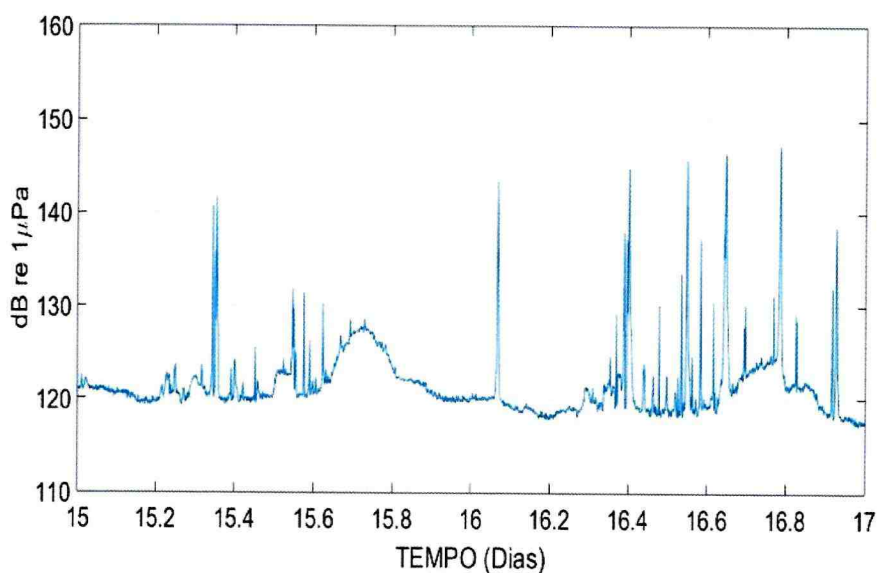


Figura V.4.1.2-12: Ampliação de um trecho do gráfico da Figura V.4.1.2-11.

A seguir são mostrados gráficos para os Níveis de Pressão Sonora ( $SPL_{esp\_50p}$ ) correspondentes aos filtros de 1/3 de oitava centrados nas frequências de 63 Hz (Figura V.4.1.2-13) e de 125 Hz (Figura V.4.1.2-14). Cada linha da figura corresponde a um dia de medição, sendo que o eixo horizontal corresponde às horas do dia e o eixo vertical ao número de dias a partir do dia 16 de março de 2017. Nestas figuras, são apresentados dados dos quatro primeiros ciclos efetuados no observatório submarino de São Sebastião (OS3-1a



Coordenador da Equipe



Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

OS3-4). A grande quantidade de pontos com Nível de Pressão Sonora alto está associada à passagem de embarcações. Nestas figuras, não se observa as mesmas elevações de energia diárias em horários específicos vistos nos OS-1 e OS-2. As faixas de azul mais escuro em torno dos dias 30 e 85 a partir do início correspondem a períodos entre ciclos, onde não foram coletados dados.

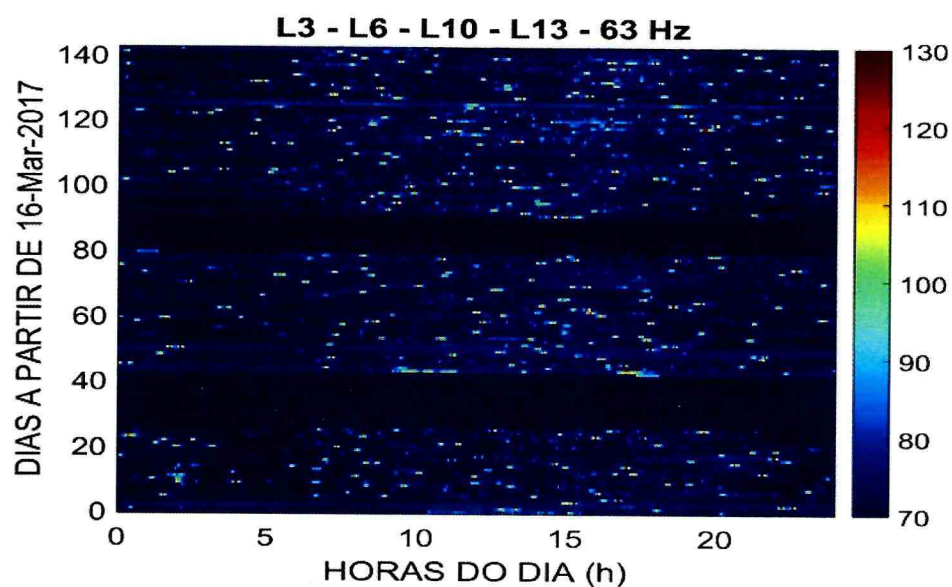


Figura V.4.1.2-13:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3 (SS).

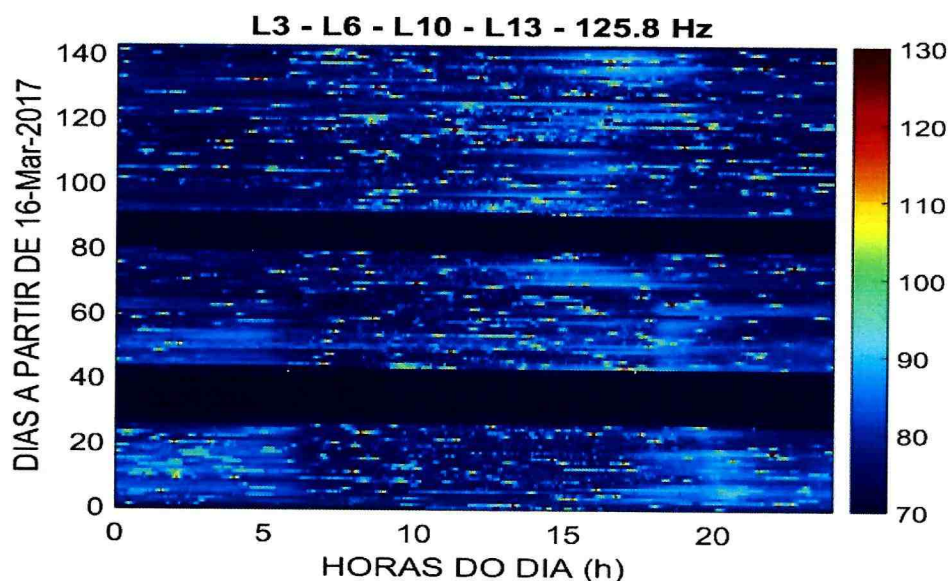


Figura V.4.1.2-14:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125.8 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3 (SS).



Na Figura V.4.1.2-15, é apresentado o Nível de Pressão Sonora para o filtro de 1/3 de oitava de 500 Hz, mostrando uma elevação de energia que ocorre em torno de 20 h, para os ciclos OS3-1 até OS3-4.

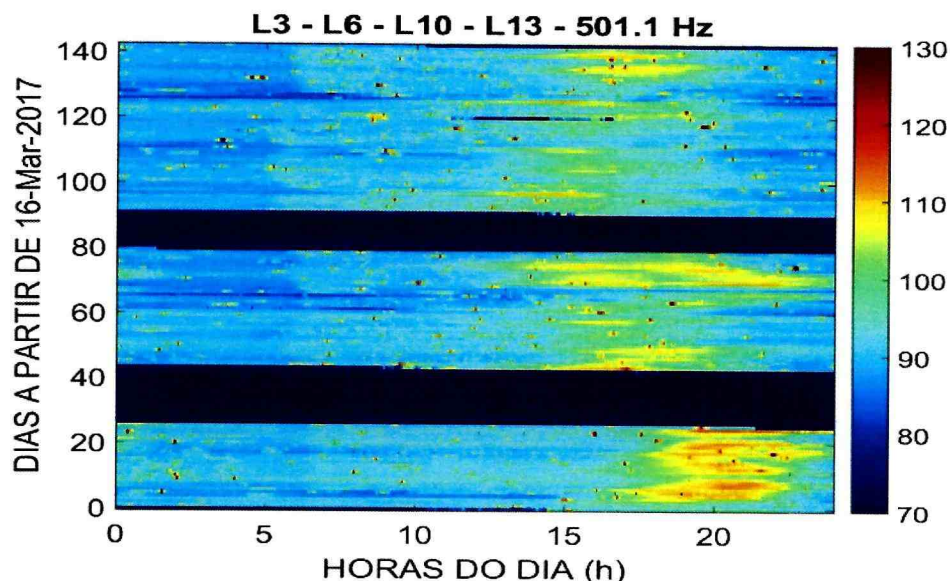


Figura V.4.1.2-15:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , na no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 398 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para o OS3.

### V.4.1.3 DETECÇÃO DE NAVIOS NOS OSs

A Tabela V.4.1.3-1 apresenta o número de embarcações detectadas em cada lançamento. No total, foram detectadas 15.786 embarcações nas 12.748,2 horas gravadas nas campanhas apresentadas, sendo 9.091 embarcações em 4.858,4 horas na Baía de Guanabara, 5.613 em 4.375,4 horas na Baía de Ilha Grande e 1.082 em 3.514,4 horas no canal de entrada do Porto de São Sebastião. A Baía de Guanabara é a área mais movimentada, com uma média de 44,9 embarcações detectadas por dia. A segunda área é a Baía de Ilha Grande, com média de 30,4 embarcações detectadas por dia e por último fica o canal de entrada do Porto de São Sebastião, com média de 7,4 embarcações detectadas por dia. Vale observar que na Baía de Ilha Grande houve um aumento do número médio de embarcações detectadas por dia no último período de gravação, que correspondeu à época de férias, com consequente aumento do número de embarcações de turismo em torno de Ilha Grande. Caso se desconsidere este período de férias, o número médio de embarcações

detectadas na Baía de Ilha Grande ficou em 14,8 embarcações por dia, ainda assim acima da média para o Canal do Porto de São Sebastião.

Tabela V.4.1.3-1: Número de embarcações detectadas em cada lançamento.

Campanha / Local	Número de embarcações	Tempo de gravação (hs)	Embarcações / dia
L01 – BG	872	360,0	58,1
L03 – SB	189	607,0	7,5
L04 – BG	2.391	1.079,8	53,1
L06 – SB	287	854,5	8
L07 – BG	2.452	1.123,8	52,4
L09 – IG	633	1.019,0	14,9
L10 – SB	236	691,8	8,2
L11 – BG	2.165	986,0	52,7
L12 – IG	453	1.004,1	10,8
L13 – SB	171	521,7	7,9
L14 – IG	885	1.175,1	18,1
L15 – SB	46	115,3	9,6
L16 – BG	79	83,1	22,8
L17 – BG	229	141,5	38,8
L18 – BG	287	167,4	41,1
L20 – SB	62	299,3	5,0
L22 – SB	70	316,8	5,3
L23 – BG	51	91,2	13,4
L24 – SB	21	108,0	4,7
L25 – BG	565	825,6	16,4
L26 – IG	3.642	1.177,2	74,3
<b>Totais</b>	<b>15.786</b>	<b>12.748,2</b>	



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

#### V.4.1.4 DETECÇÃO DE BIOFONIA NOS GLIDERS

A detecção da biofonia foi realizada, inicialmente, de forma manual, seguindo procedimentos descritos em DELARUE *et al.*, (2015), onde é indicado que uma análise de 5% dos dados permite se obter uma boa estimativa da presença de animais marinhos durante as medições. Estas detecções estão sendo usadas para o desenvolvimento e teste de detectores automáticos que serão responsáveis pela detecção em todos os dados gravados.

Estes procedimentos foram usados na primeira campanha dos *gliders*, sendo analisados 398 arquivos com dois minutos de gravação cada. Foi observada a presença de vocalizações que foram associadas a odontocetos em 109 arquivos, sendo que em 86 deles apareceram cliques, em 65, assobios e em 29, sons pulsados. Em 24 arquivos foi registrada a presença de ruídos de gemidos ou cantos, associados a mysticetos.

A Figura V.4.1.4-1 apresenta o espectrograma de uma vocalização onde estão presentes assobios entre 7 e 14 kHz, e cliques acima de 20 kHz, associados, provavelmente, a odontocetos.

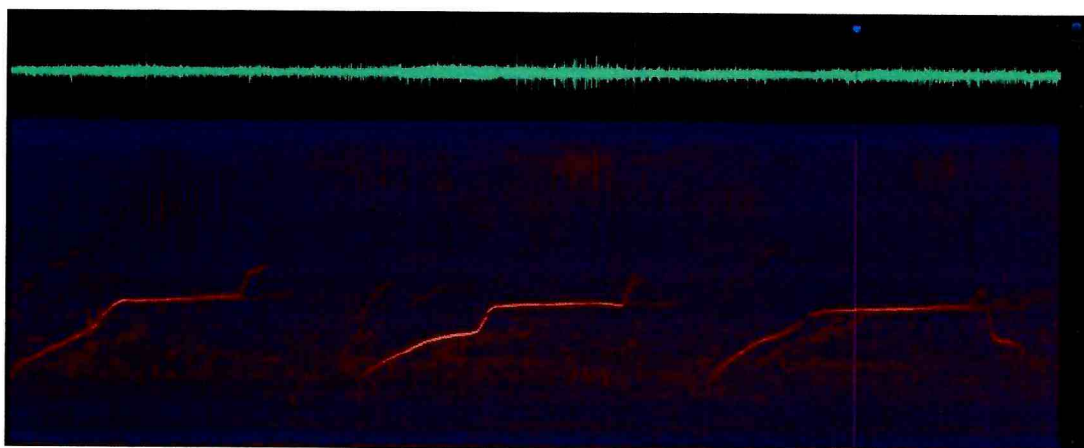


Figura V.4.1.4-1: Espectrograma de assobios e cliques associados, provavelmente à vocalização de odontocetos.

A Figura V.4.1.4-2 apresenta o espectrograma de uma vocalização onde estão presentes sons pulsados e cliques, em frequências acima de 10 kHz, também associados, provavelmente, a odontocetos.



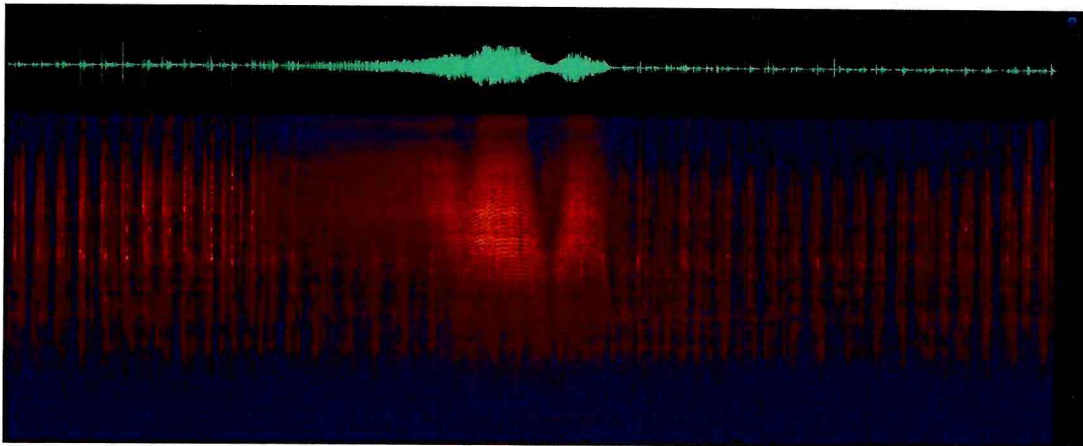


Figura V.4.1.4-2: Espectrograma de cliques e sons pulsados associados, provavelmente, à vocalização de odontocetos.

Já na Figura V.4.1.4-3, é apresentado uma vocalização em baixa frequência, correspondente a gemidos, em torno de 150 Hz e de 450 Hz, produzidos, provavelmente, por um mysticeto.

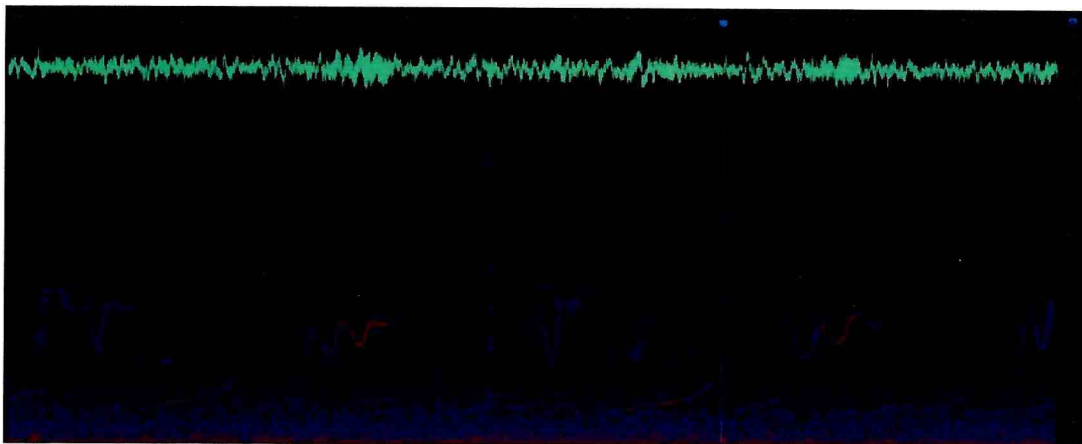


Figura V.4.1.4-3: Espectrograma de gemidos ou cantos produzidos, provavelmente, por um mysticeto.

#### V.4.1.5 EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS ESPECTRAIS (LFIs)

##### A) FA02 – Região em desenvolvimento de atividade E&P e rota de navegação de apoio a E&P


A Figura V.4.1.5-1 apresenta o Nível de Pressão Sonora total de percentil de 50%  $SPL_{50P}$  na banda de 10 Hz a 10 kHz, para a linha FA02 (região em desenvolvimento de atividade E&P e rota de navegação de apoio a E&P), nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, sendo que nos três gráficos inferiores, a apresentação é feita em função da hora do dia da medição, para cada dia.

Nesta figura, pode-se observar que ocorre uma elevação não esperada do Nível de Pressão Sonora, em alguns dias, para o gravador instalado na profundidade de 50 m, principalmente no início das medições, entre os dias 23 e 50, em torno do dia 80 e entre os dias 140 e 180, considerando como referência o início das medições para todas as LFIs analisadas, no dia 24 de setembro de 2017.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

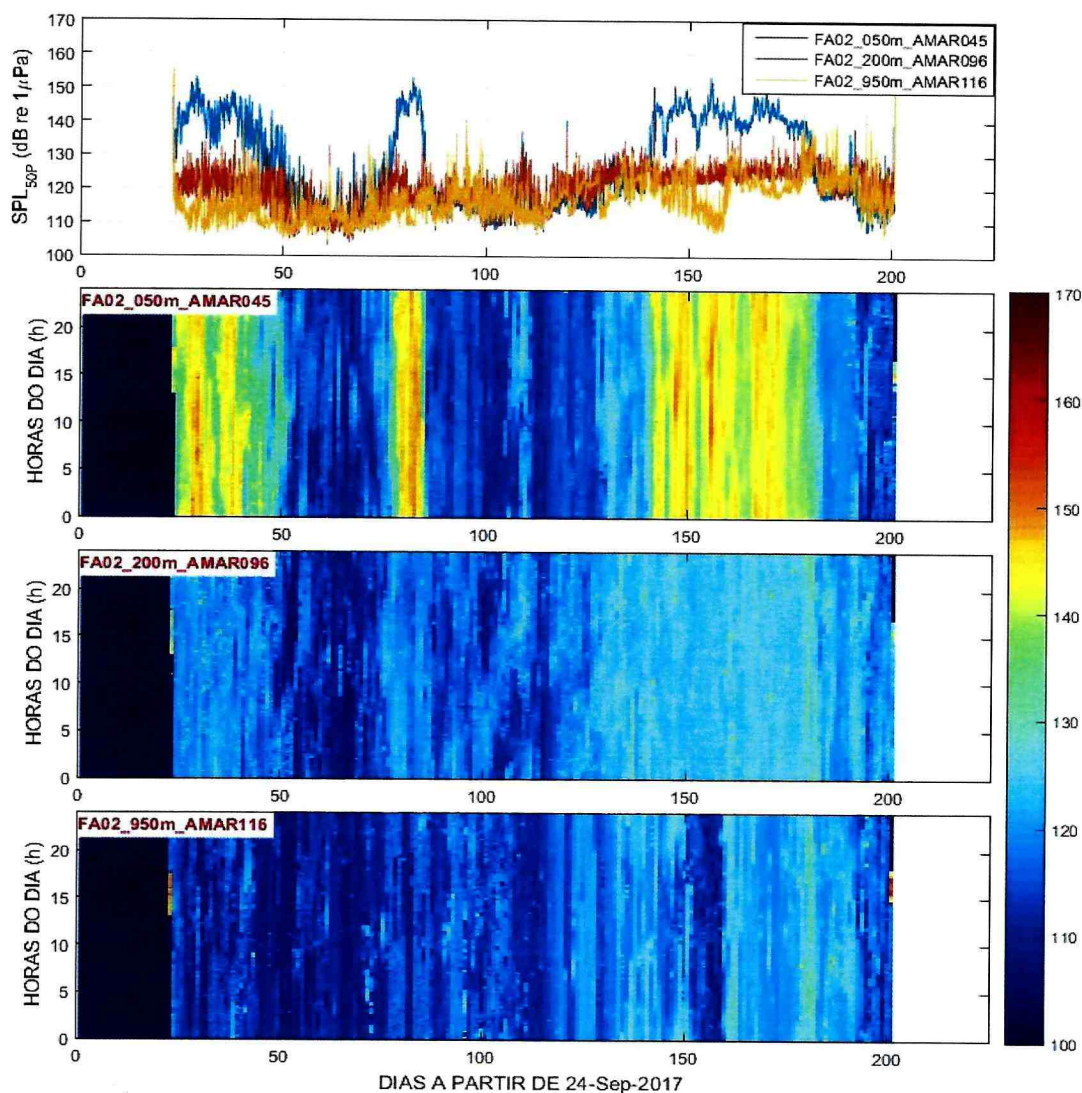


Figura V.4.1.5-1:  $SPL_{50p}$  para a LFI-FA02, nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia e, nos três gráficos inferiores, separado por hora do dia da medição.

Para investigar este aumento não esperado do Nível de Pressão Sonora em alguns dias, foram preparados espectrogramas com os espectros de 1/3 de oitava no percentil de 50% (esp50p), em função do dia da medição, para as três profundidades, mostrados na Figura V.4.1.5-2.



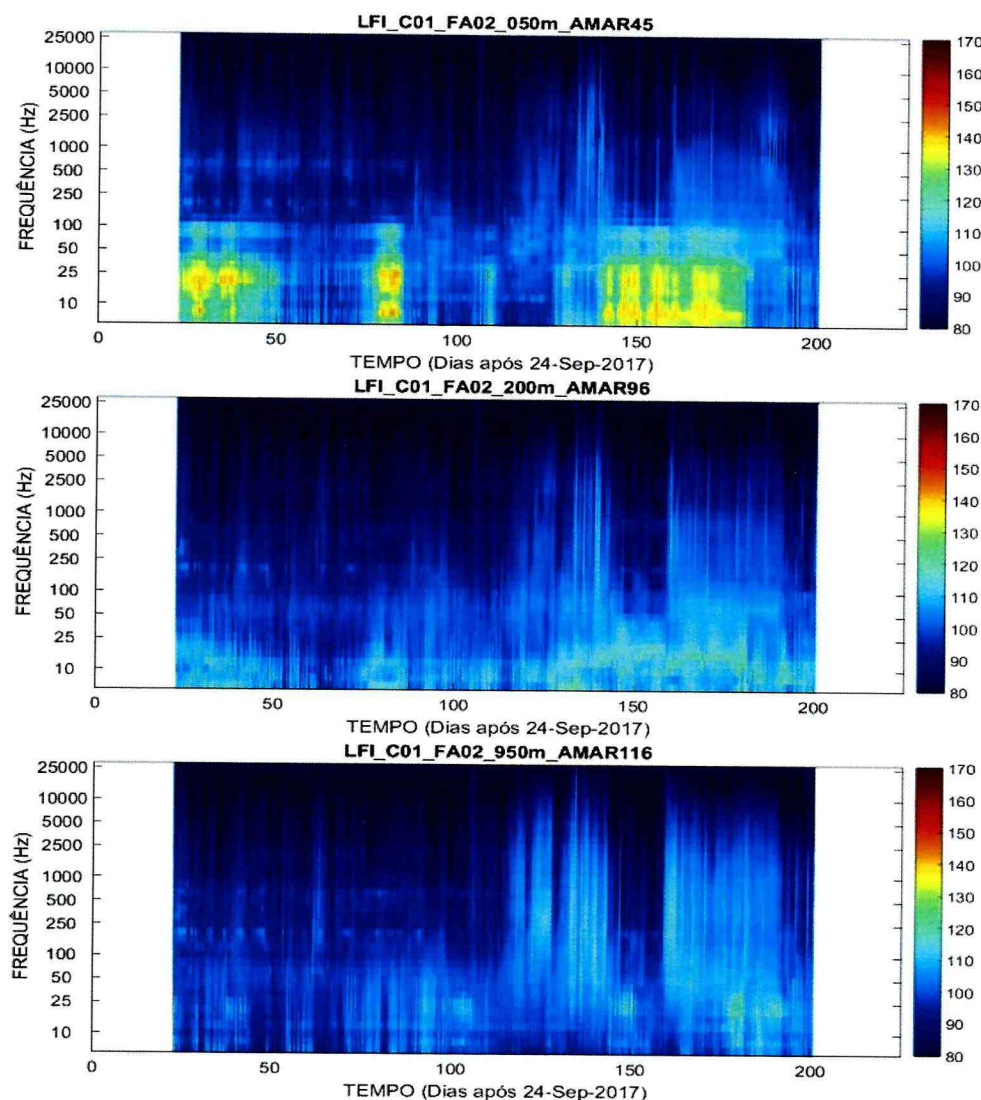


Figura V.4.1.5-2:  $SPL_{50p}$  para a LFI-FA02, nas profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo) em função do dia de medição, para cada banda do espectro de 1/3 de oitava.

Observa-se uma elevação de energia nos mesmos períodos de dias descritos acima, principalmente para a profundidade de 50 m. A elevação do SPL ocorre mais acentuadamente nas primeiras 12 bandas do espectro de 1/3 de oitava, correspondendo aos filtros com frequências centrais entre 6,3 Hz e 80 Hz.

As Figuras V.4.1.5-3 a 6 apresentam exemplos do comportamento do Nível de Pressão Sonora com percentil de 50% em função da hora do dia e sua evolução com o passar dos dias, para as bandas de frequências de interesse de

63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz dos sinais captados, a cada profundidade na LFI-FA02.

Na Figura V.4.1.5-3, para a banda de frequência de 63 Hz, os maiores níveis ocorrem na profundidade de 50 m, sendo observados em dois trechos no início dos dados e um trecho maior no final. Nas profundidades de 200 m e 950 m, destacam-se dois trechos do meio para o final dos dados.

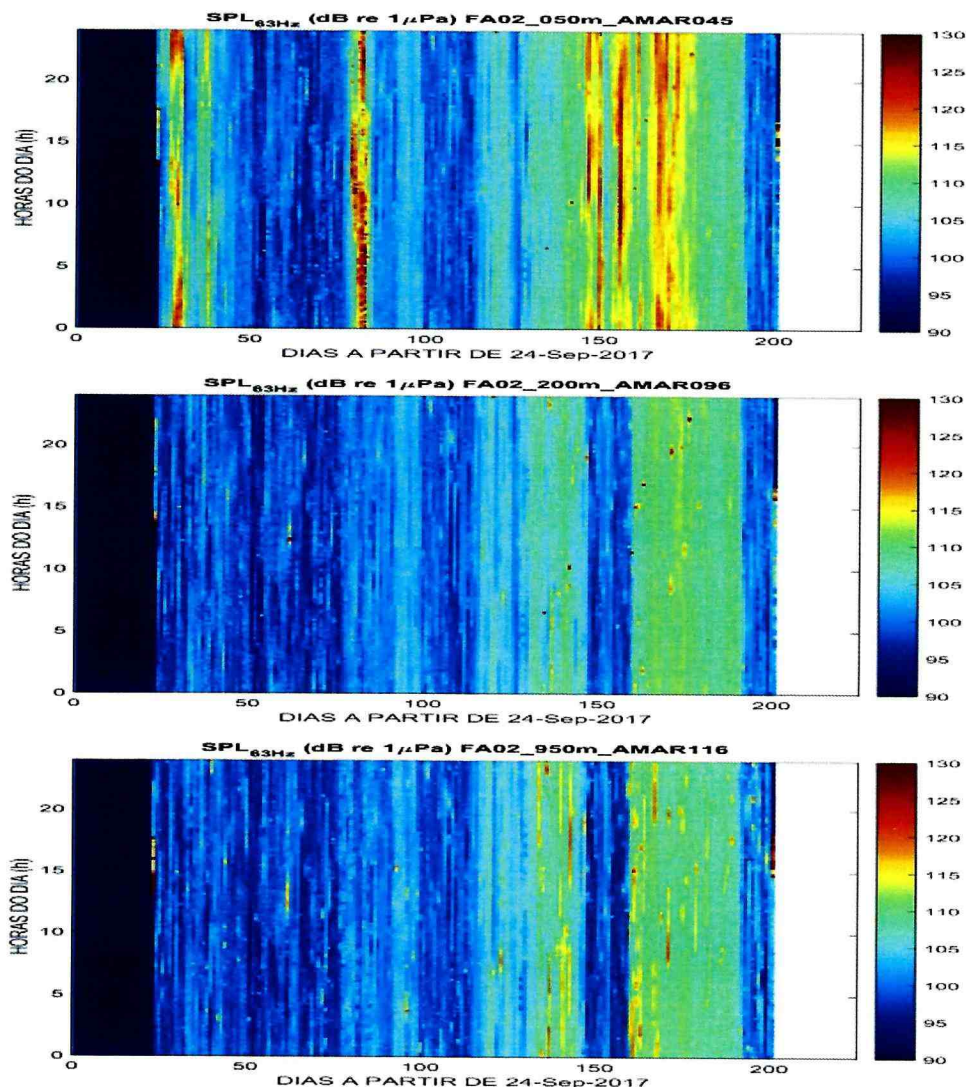


Figura V.4.1.5-3:  $SPL_{esp, 50p}$ , em dB re 1  $\mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).



Na Figura V.4.1.5-4, para a banda de frequência de 125 Hz, os níveis para as três profundidades estão parecidos, sendo observado um aumento no trecho final dos dados. Para este trecho, o ruído é ligeiramente maior na profundidade de 950 m.

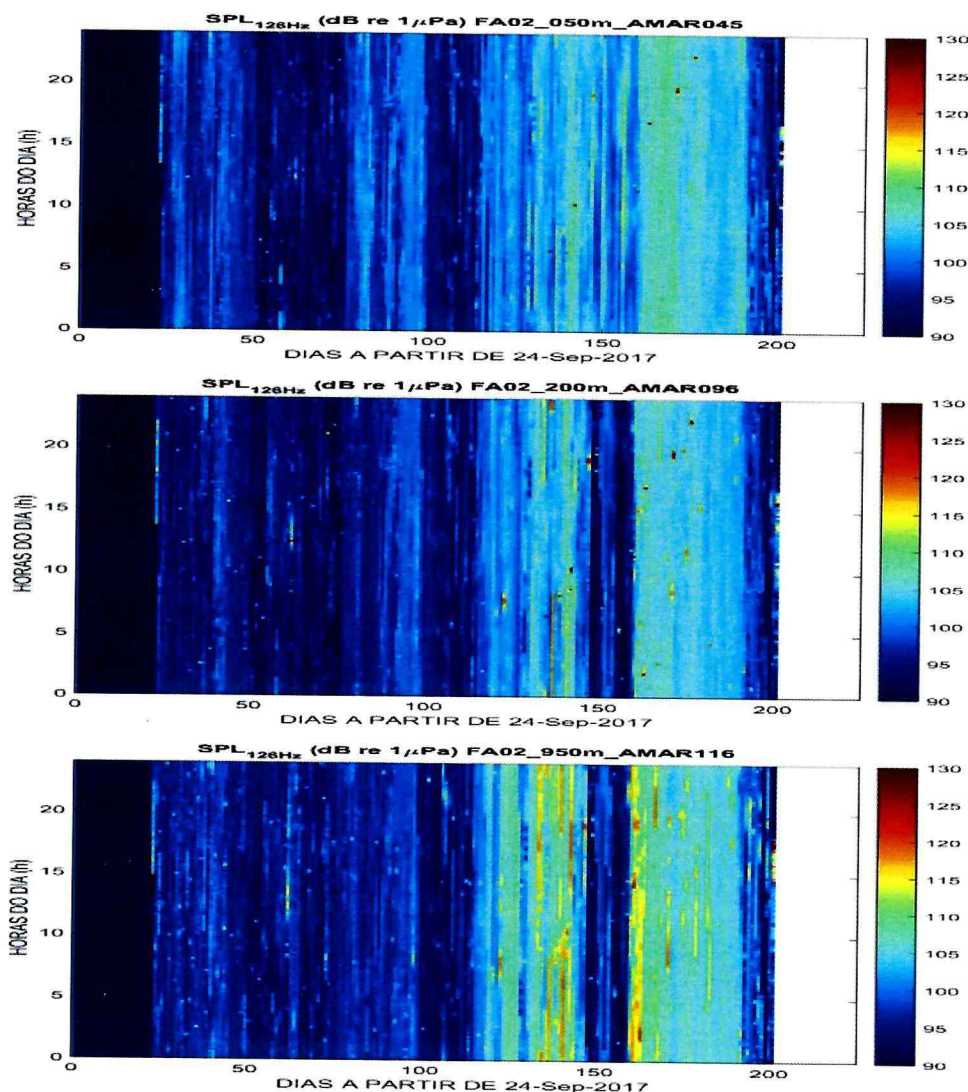


Figura V.4.1.5-4:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re 1  $\mu$ Pa, no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).



Na Figura V.4.1.5-5, para a banda de frequência de 500 Hz, os níveis para as três profundidades estão parecidos, sendo observado um aumento no trecho final dos dados, com níveis um pouco maiores na profundidade de 950 m.

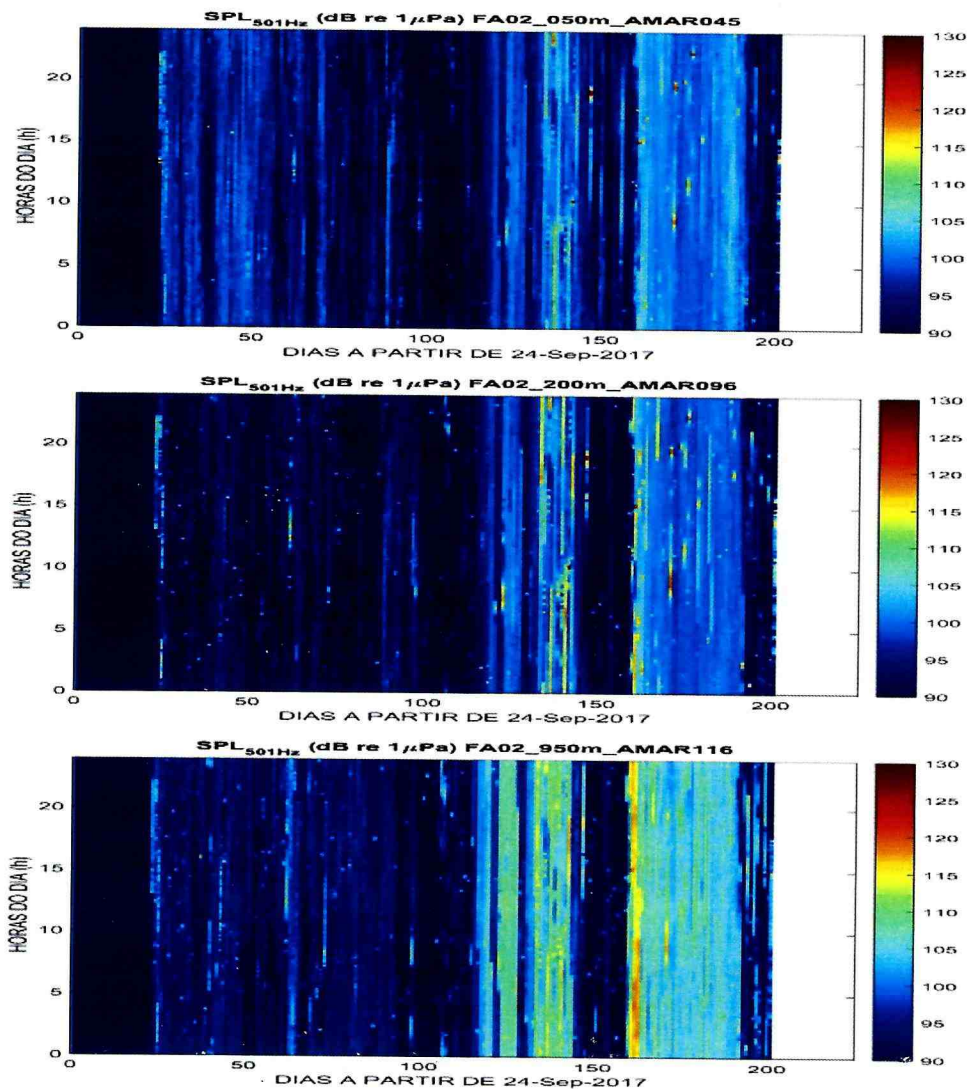


Figura V.4.1.5-5:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 500 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).

Na Figura V.4.1.5-6, para a banda de frequência de 1.000 Hz, os níveis para as três profundidades estão parecidos, sendo observado um aumento no trecho final dos dados, com níveis ligeiramente maiores na profundidade de 950 m.

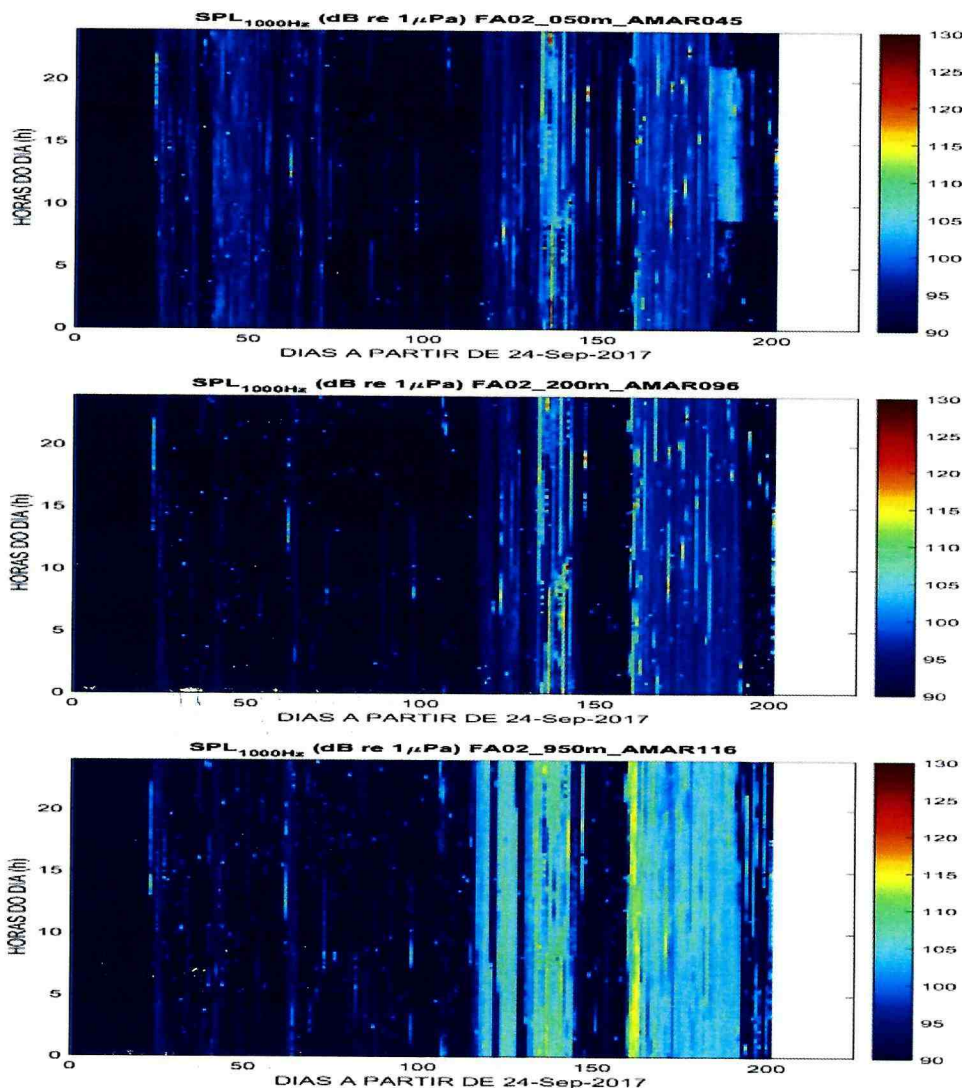


Figura V.4.1.5-6:  $SPL_{esp\_50p}$ , em dB re  $1 \mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 1.000 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).

#### B) FA04 – Região sem atividade de E&P e fora da rota preferencial de navegação E&P

A Figura V.4.1.5-7 apresenta o Nível de Pressão Sonora total de percentil de 50%,  $SPL_{50p}$ , na banda de 10 Hz a 10 kHz, para a linha FA04, (região sem atividade de E&P e fora da rota preferencial de navegação E&P), nas



*[Signature]*

Coordenador da Equipe



*[Signature]*

Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, sendo que nos três gráficos inferiores, a apresentação é feita em função da hora do dia da medição, para cada dia. Nesta figura, pode-se observar que ocorre uma elevação do SPL em praticamente todos os dias e em todas as profundidades, embora menos acentuadamente na profundidade de 950 m.

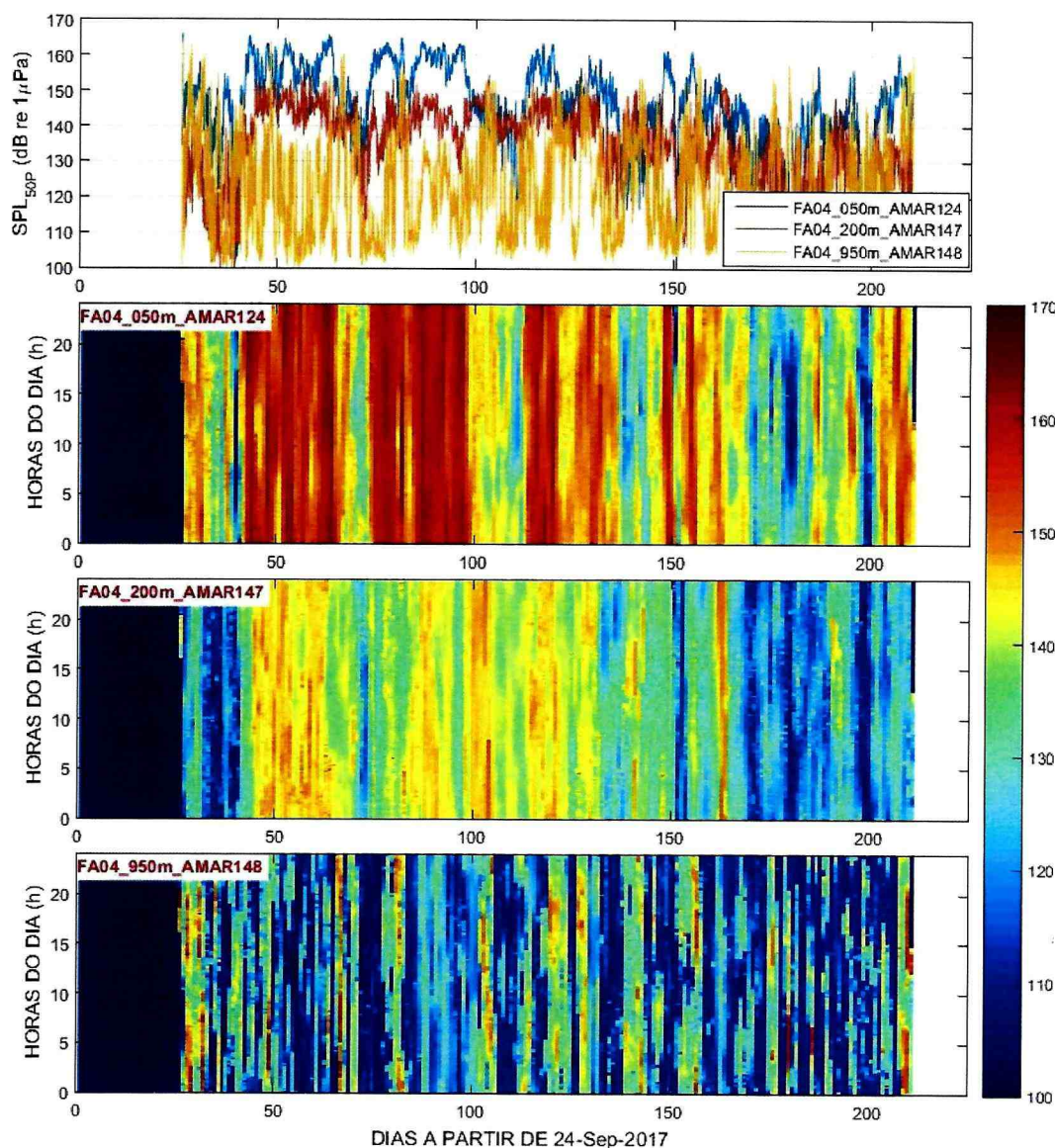


Figura V.4.1.5-7:  $SPL_{50p}$  para a LFI-FA02, nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia e, nos três gráficos inferiores, separado por hora do dia da medição.

Na Figura V.4.1.5-8, são apresentados os espectros de 1/3 de oitava no percentil de 50% (esp50p), em função do dia da medição, para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m. Observa-se uma elevação da energia durante



praticamente todos os dias, sendo menos acentuada na profundidade de 950 m. A elevação do SPL ocorre mais acentuadamente nas primeiras 15 bandas do espectro de 1/3 de oitava, correspondendo aos filtros com frequências centrais de 6,3 Hz até 160 Hz, embora seja possível ver uma elevação de energia na profundidade de 200 m até a banda de número 25, que corresponde à frequência central de 1.600 Hz.

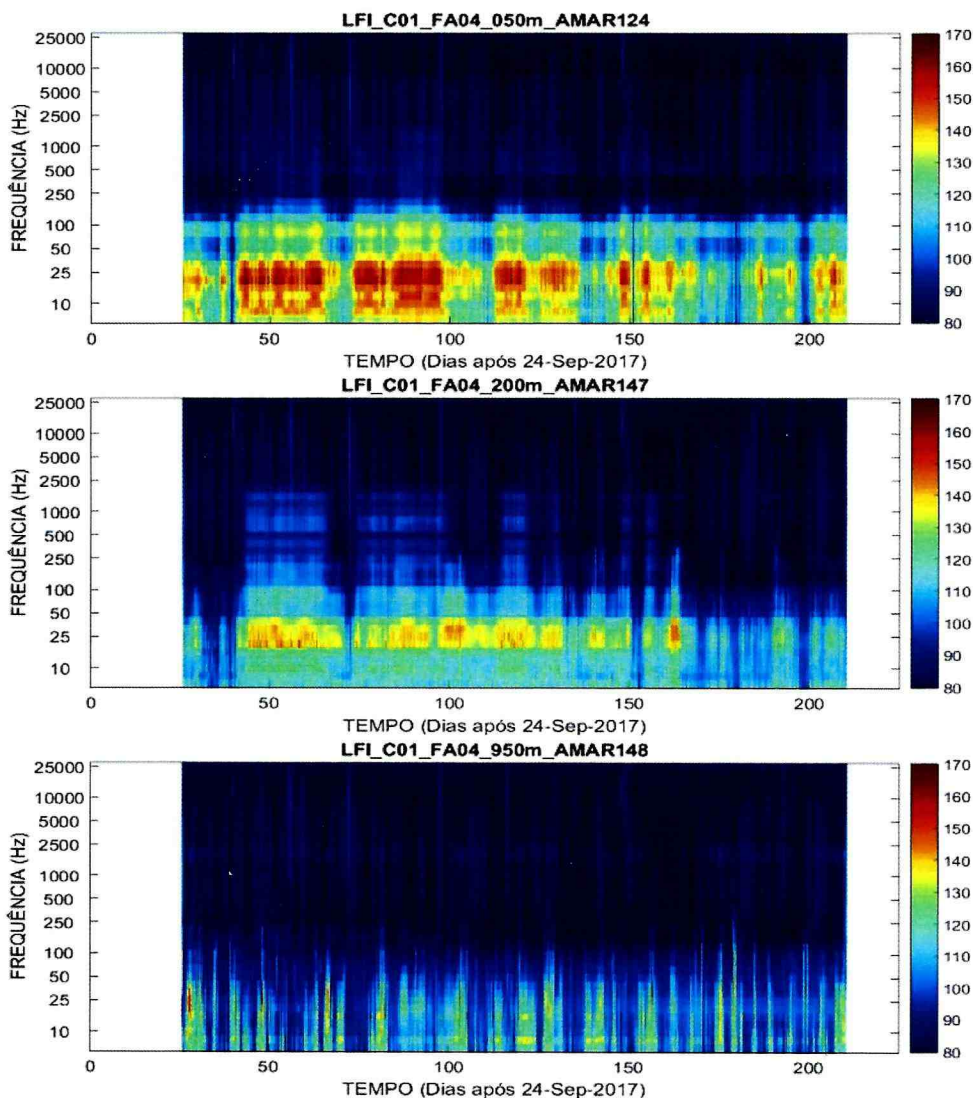


Figura V.4.1.5-8:  $SPL_{50p}$  para a LFI-FA04, nas profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo), em função do dia de medição, para cada banda do espectro de 1/3 de oitava.

As Figuras V.4.1.5-9 a 12 apresentam exemplos do comportamento do Nível de Pressão Sonora com percentil de 50% em função da hora do dia e sua



evolução com o passar dos dias, para as bandas de frequências de interesse de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz dos sinais captados, a cada profundidade na LFI-FA04.

Na Figura V.4.1.5-9, para a banda de frequência de 63 Hz, os maiores níveis ocorrem na profundidade de 50 m, sendo observados em quase toda a gravação. Nas profundidades de 200 m, observam-se níveis elevados entre os dias 50 e 160 e em 950 m, verificam-se aumentos em trechos pequenos durante toda a gravação.

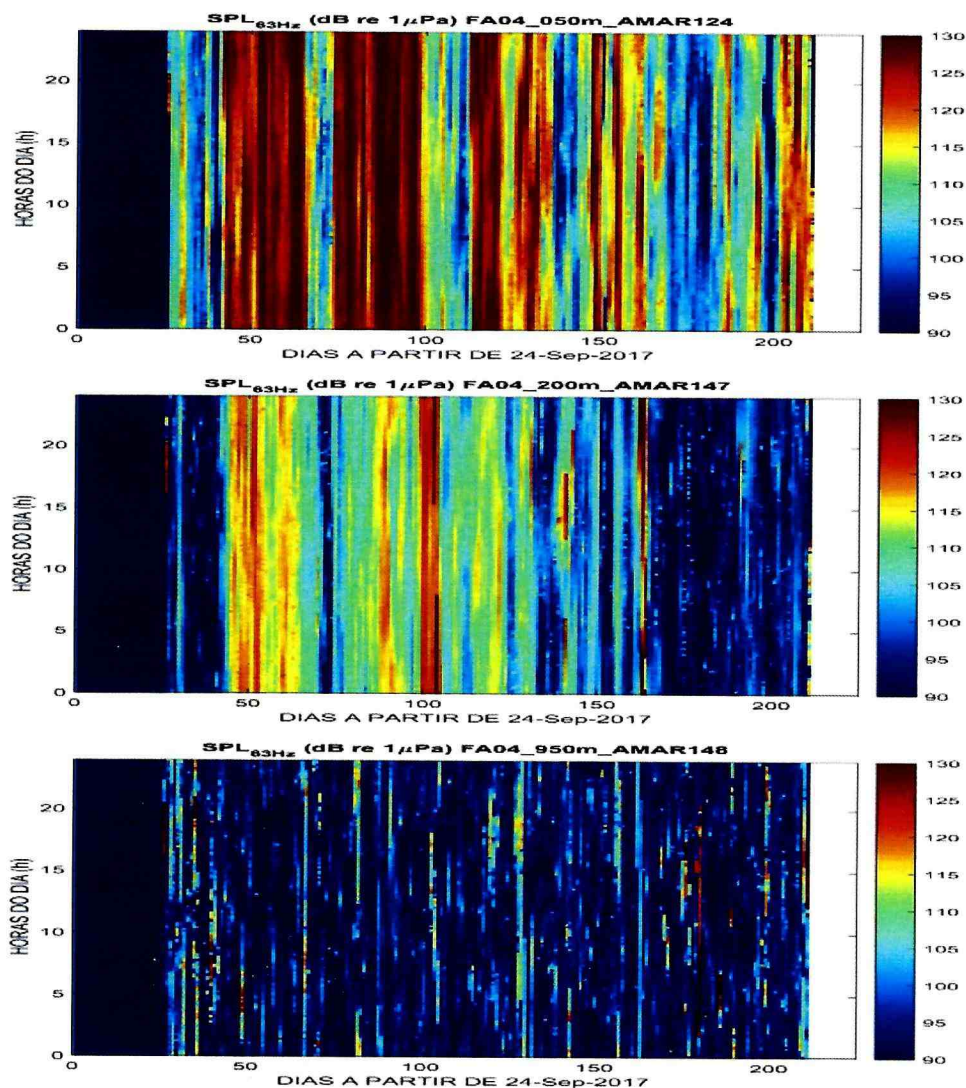


Figura V.4.1.5-9:  $SPL_{esp\_50p}$  para a LFI-FA04, em dB re  $1 \mu Pa$ , no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 63 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).



Na Figura V.4.1.5-10, para a banda de frequência de 125 Hz, os maiores níveis ocorrem na profundidade de 50 m, sendo observados em quase toda a gravação. Nas profundidades de 200 m, observam-se níveis elevados entre os dias 50 e 160 e em 950 m, verificam-se aumentos em trechos pequenos durante toda a gravação.

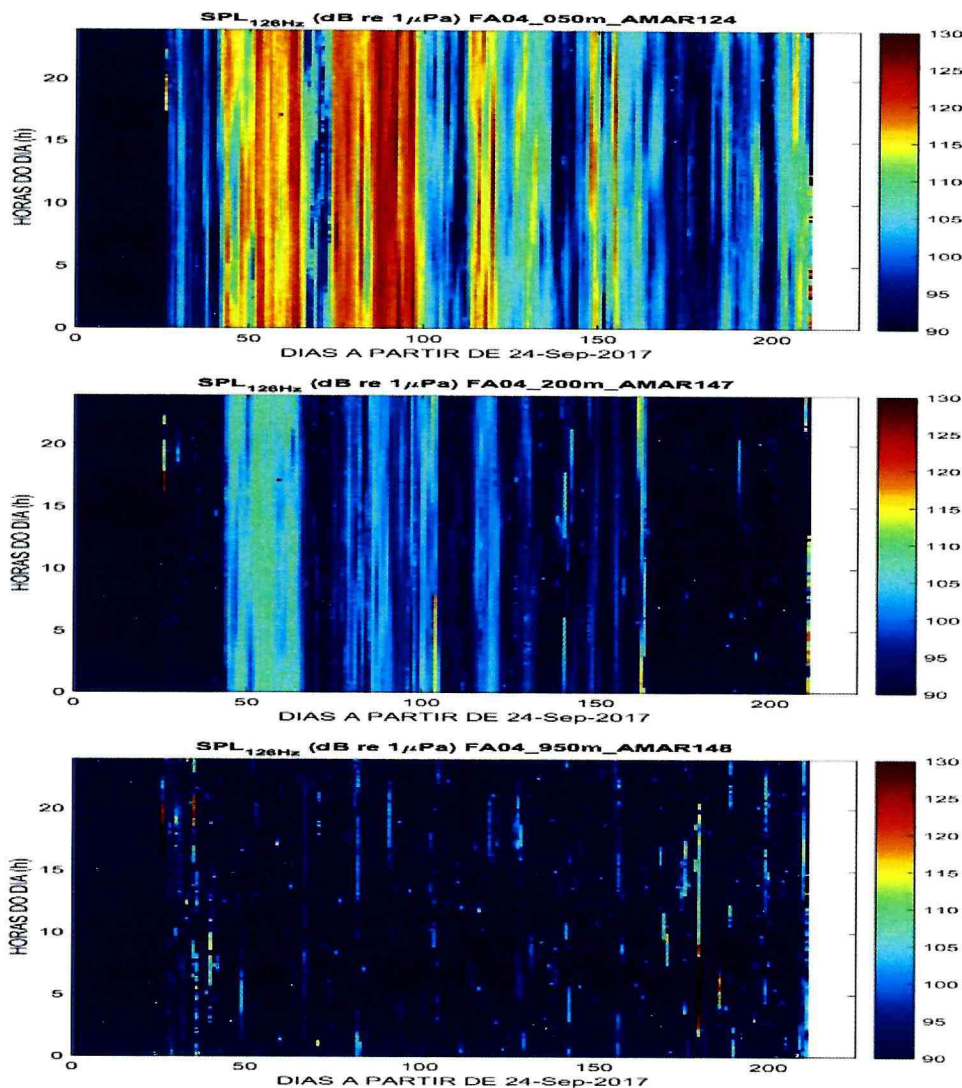


Figura V.4.1.5-10:  $SPL_{esp,50p}$  para a LFI-FA04, em dB re 1  $\mu$ Pa, no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 125 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).

Na Figura V.4.1.5-11, para a banda de frequência de 500 Hz, os maiores níveis ocorrem na profundidade de 50 m, sendo observados em quase toda a gravação. Na profundidade de 200 m, observam-se níveis elevados entre os dias 50 e 120 e em 950 m, os níveis são menos intensos.

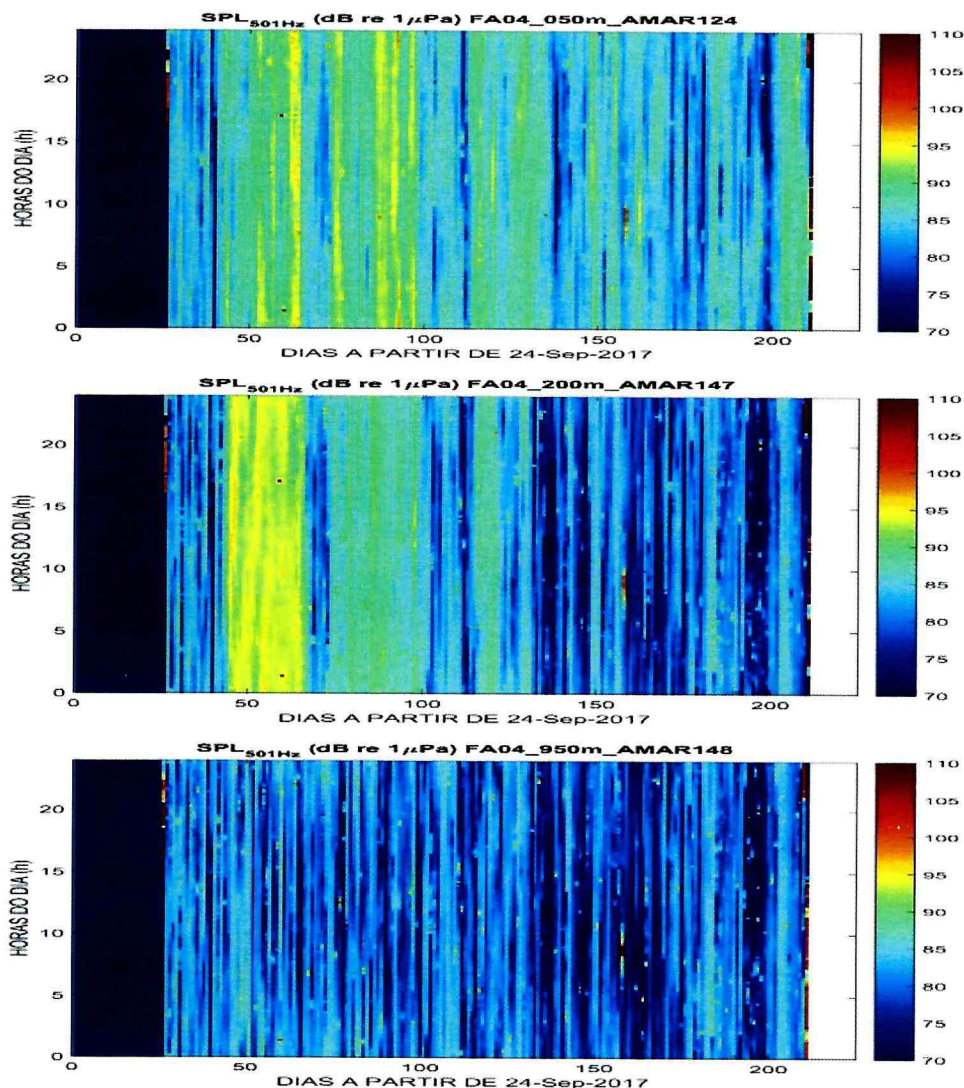


Figura V.4.1.5-11:  $SPL_{esp\_50p}$  para a LFI-FA04, em dB re 1  $\mu$ Pa, no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 500 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).



Na Figura V.4.1.5-12, para a banda de frequência de 1.000 Hz, os maiores níveis ocorrem na profundidade de 200 m, sendo observados no trecho entre os dias 50 e 130. Nas profundidades de 200 m e 950 m, os níveis são menos intensos.

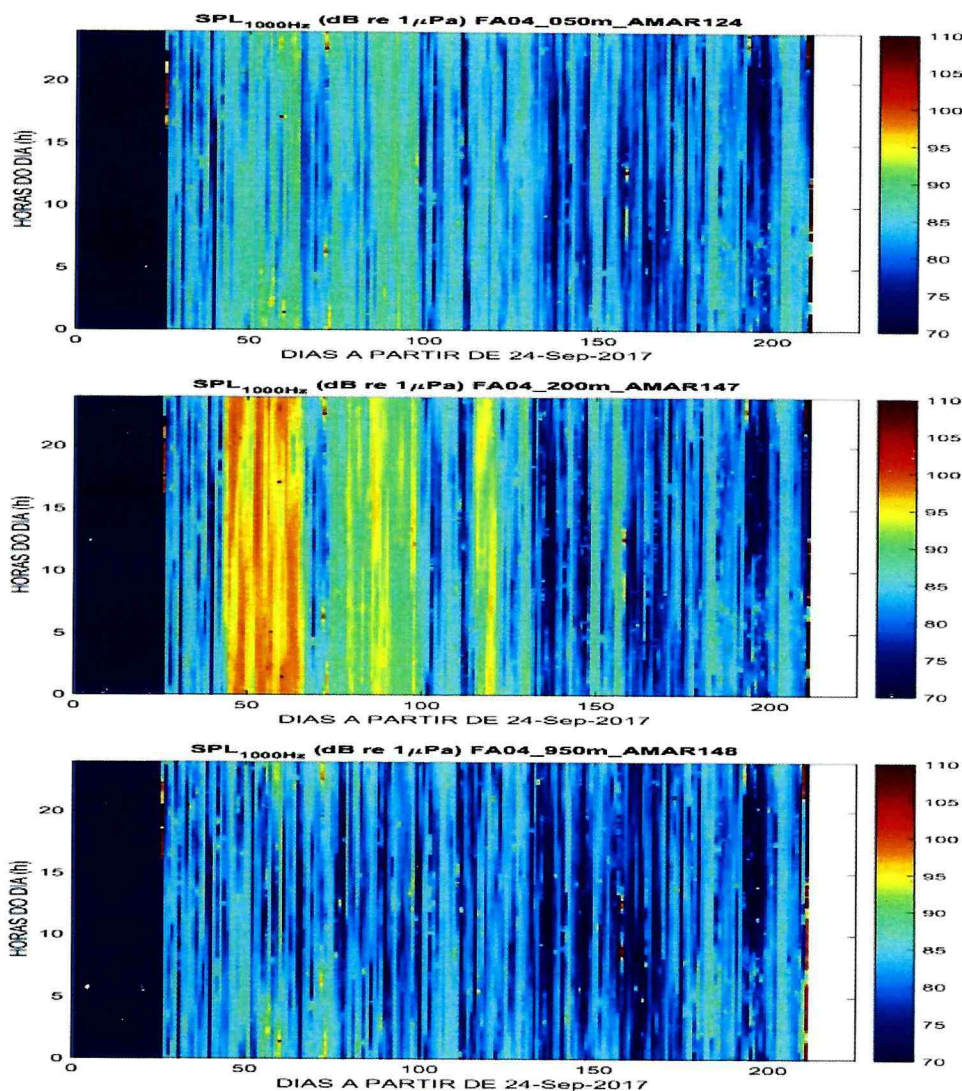


Figura V.4.1.5-12:  $SPL_{esp\_50p}$  para a LFI-FA04, em dB re 1  $\mu$ Pa, no filtro de 1/3 de oitava centrado na frequência de 1.000 Hz, em função do dia e hora da aquisição, para as profundidades de 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo).

Os aumentos dos níveis de pressão sonora identificados e não esperados, em algumas situações chegando a atingir 30 dB, precisam ser investigados, pois caso sejam provenientes de ruído próprio, poderão se sobrepor a qualquer ruído ambiental, biofônico ou antropofônico, inutilizando tais medições. A correlação com correntes oceânicas é estudada na Seção V.4.4.2.



*Bu*  
Coordenador da Equipe



*nloaf*  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

## V.4.2 ANÁLISES ESPACIAIS

### V.4.2.1 DENSIDADE AMOSTRAL DOS PERFILADORES

A Figura V.4.2.1-1 mostra a densidade amostral de todas as janelas acústicas geradas pelos perfiladores, para as classes de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m.

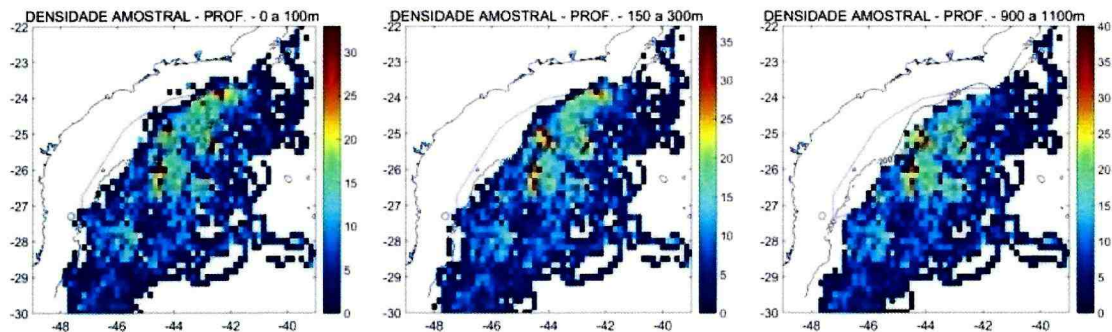


Figura V.4.2.1-1: Densidade amostral dos perfiladores nas faixas de profundidades entre 0 e 100 m (quadro esquerdo), 150 e 300 m (quadro central), 900 e 1.100 m (quadro direito).

### V.4.2.2 OBSERVAÇÕES SOBRE AS MEDIÇÕES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PELOS PERFILADORES

Foi analisada a distribuição do parâmetro Nível de Pressão Sonora de pico  $SPL_{pico}$ , obtido a partir das medições dos perfiladores para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, que é mostrada na Figura V.4.2.2-1. Observa-se que os maiores valores de  $SPL_{pico}$ , nas três faixas de profundidade, estão concentrados na região compreendida entre 25°S e 26° de latitude e 42°O e 44°O de longitude.

O valor médio de todas as medições realizadas por perfiladores do Nível de Pressão Sonora de pico  $SPL_{pico}$  foi de 110,9 dB e o desvio padrão de 2,4 dB, onde o máximo, de 124,1 dB ocorreu em 22° 25' 0" S 40° 5' 0" W e o mínimo, de 101,9 dB, em 28° 45' 0" S 43° 5' 0" W.



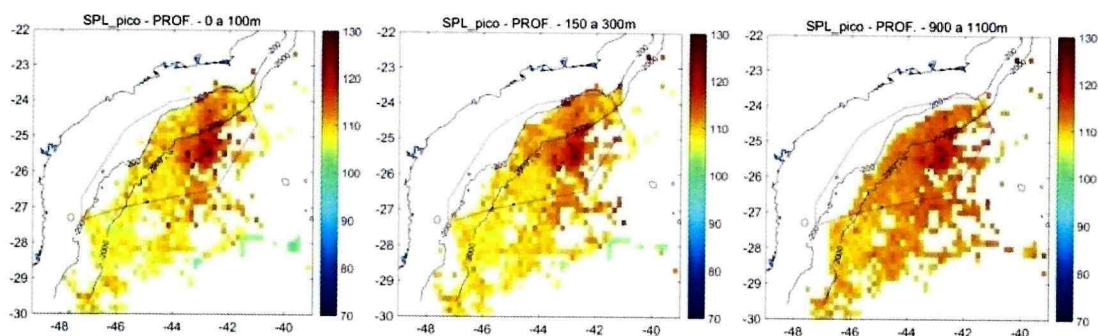


Figura V.4.2.2-1: Níveis de Pressão Sonora de pico  $SPL_{pico}$  nas 3 faixas de profundidade

Foi analisada a distribuição do parâmetro Nível de Pressão Sonora do percentil de 50%  $SPL_{esp\_50p}$  obtido a partir das medições dos perfiladores para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, que é mostrada na Figura V.4.2.2-2. A área que possui os maiores valores de  $SPL_{esp\_50p}$  também está entre 25°S e 26° de latitude e 42°O e 44°O de longitude. O valor médio de  $SPL_{esp\_50p}$  foi de 102,1 dB e o desvio padrão de 2.3 dB, onde o máximo, de 115,9 dB, ocorreu em 22° 25' 0" S e 40° 5' 0" W e o mínimo, de 92,7 dB, em 28° 45' 0" S e 43° 5' 0" W.

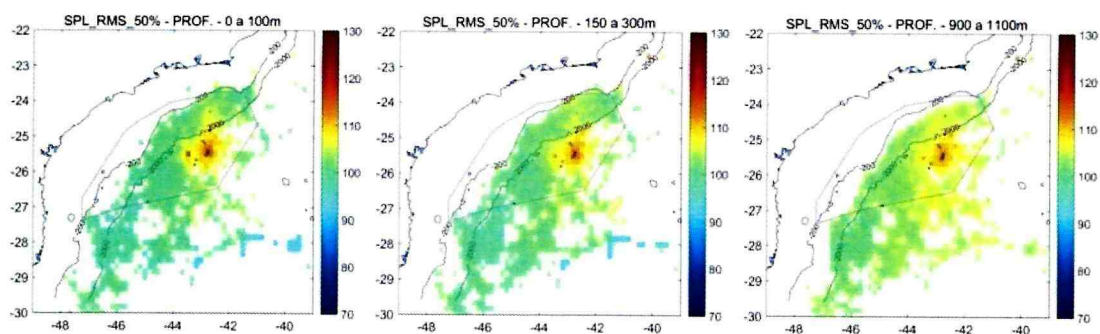


Figura V.4.2.2-2: Níveis de Pressão Sonora  $SPL_{esp\_50p}$  nas 3 faixas de profundidade

Foi analisada a distribuição do parâmetro Nível de Pressão Sonora do percentil de 50% nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz ( $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$ ) obtida a partir das medições dos perfiladores para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, que é mostrada na Figura V.4.2.2-3.

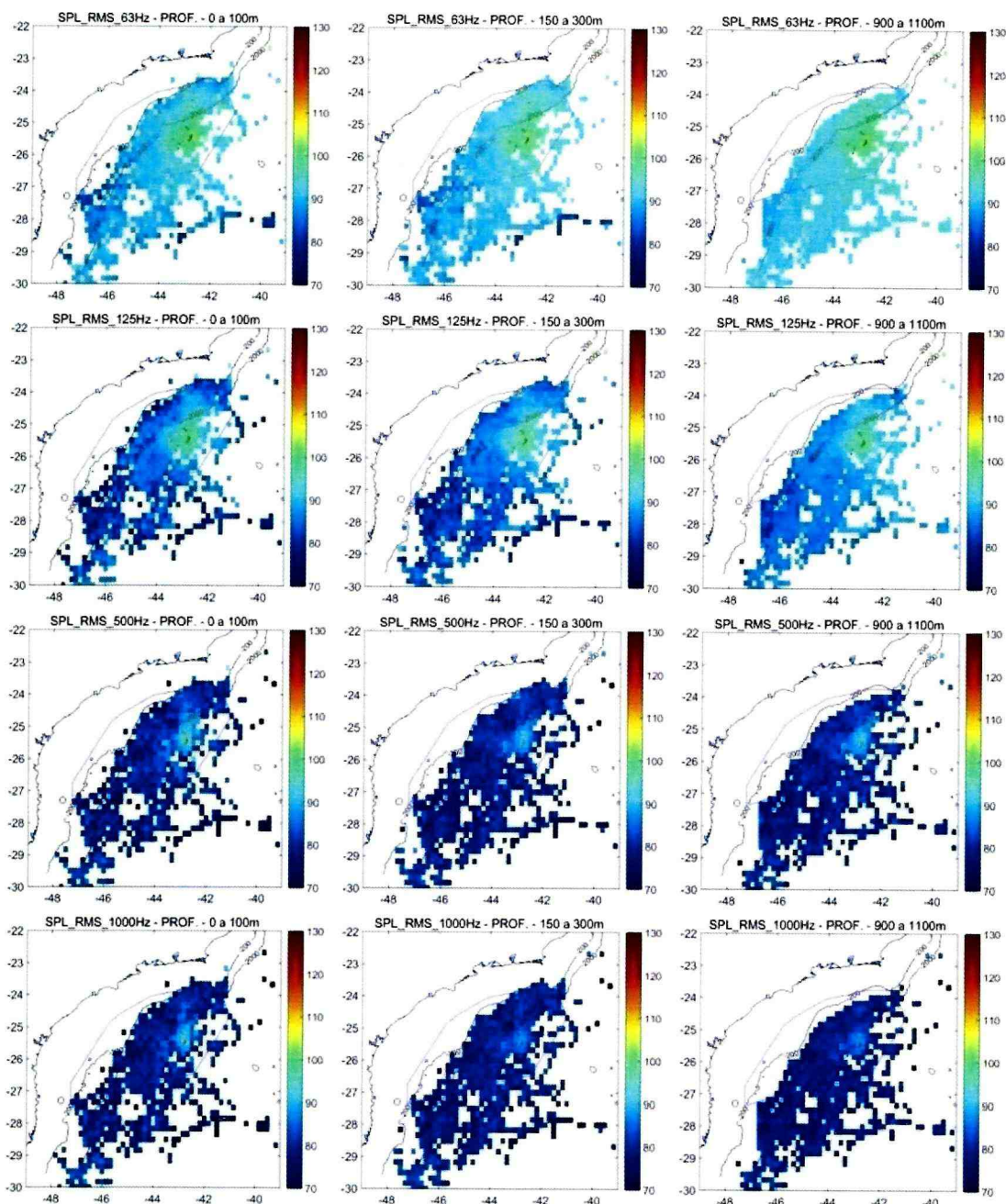


Figura V.4.2.2-3: Níveis de Pressão Sonora do percentil de 50%, nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz, nas 3 faixas de profundidade

Os valores médios e desvios padrão por banda e faixa de profundidade estão descritos na Tabela V.4.2.2-1. É observada a esperada diminuição do Nível de Pressão Sonora para as frequências mais altas, em todas as profundidades, devido ao aumento da atenuação da água do mar com o aumento da frequência dos sinais. No entanto, resta ser investigada a razão que



explique o fato de que nas bandas de frequências mais baixas, o Nível de Pressão Sonora aumentou com a profundidade.

*Tabela V.4.2.2-1: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade.*

Banda / Profundidade	0 a 100 m	150 a 300 m	900 a 1.100 m
SPL <sub>63Hz</sub>	90,5 +- 3,9 dB	91,1 +- 3,7 dB	93,2 +- 2,4 dB
SPL <sub>125Hz</sub>	84,9 +- 4,8 dB	85,5 +- 4,3 dB	87,8 +- 3,2 dB
SPL <sub>500Hz</sub>	80,5 +- 4,4 dB	79,7 +- 3,7 dB	80,6 +- 3,2 dB
SPL <sub>1000Hz</sub>	79,4 +- 4,4 dB	79,2 +- 3,6 dB	78,8 +- 2,9 dB

As posições onde ocorrem os valores mínimos e máximos por banda e faixa de profundidade estão descritos na Tabela V.4.2.2-2.

*Tabela V.4.2.2-2: Valores mínimos e máximos de SPL por banda e faixas de profundidade e suas localizações*

Banda / Profundidade	0 a 100 m	150 a 300 m	900 a 1.100 m
SPL <sub>63Hz</sub>	Min: 80,9 dB 27° 55' 0" S 39° 45' 0" W	Min: 81,3 dB 27° 45' 0" S 41° 5' 0" W	Min: 87,8 dB 27° 25' 0" S 46° 35' 0" W
	Max: 104,1 dB 25° 25' 0" S 42° 35' 0" W	Max: 103,6 dB 25° 25' 0" S 42° 45' 0" W	Max: 102,7 dB 25° 15' 0" S 42° 45' 0" W
SPL <sub>125Hz</sub>	Min: 72,0 dB 27° 15' 0" S 46° 45' 0" W	Min: 74,0 dB 27° 25' 0" S 46° 45' 0" W	Min: 79,9 dB 27° 15' 0" S 46° 35' 0" W
	Max: 104,5 dB 25° 25' 0" S 43° 25' 0" W	Max: 103,8 dB 22° 35' 0" S 40° 5' 0" W	Max: 101,3 dB 25° 15' 0" S 42° 35' 0" W
SPL <sub>500Hz</sub>	Min: 66,6 dB 23° 35' 0" S 42° 25' 0" W	Min: 61,1 dB 27° 25' 0" S 46° 25' 0" W	Min: 67,2 dB 26° 55' 0" S 45° 25' 0" W
	Max: 97,9 dB 25° 25' 0" S 42° 45' 0" W	Max: 94,3 dB 22° 35' 0" S 40° 5' 0" W	Max: 93,4 dB 22° 35' 0" S 40° 5' 0" W
SPL <sub>1000Hz</sub>	Min: 62,9 dB 23° 35' 0" S 43° 25' 0" W	Min: 60,4 dB 27° 25' 0" S 46° 25' 0" W	Min: 64,8 dB 26° 55' 0" S 45° 25' 0" W
	Max: 97,0 dB 25° 25' 0" S 42° 45' 0" W	Max: 89,0 dB 25° 25' 0" S 42° 45' 0" W	Max: 88,4 dB 25° 5' 0" S 42° 45' 0" W

Foi analisada a distribuição do parâmetro Nível de Pressão Sonora do percentil de 50% nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz (SPL<sub>63Hz</sub>, SPL<sub>125Hz</sub>, SPL<sub>125Hz</sub> e SPL<sub>1000Hz</sub>) obtida a partir das medições dos perfiladores



*CB*  
Coordenador da Equipe

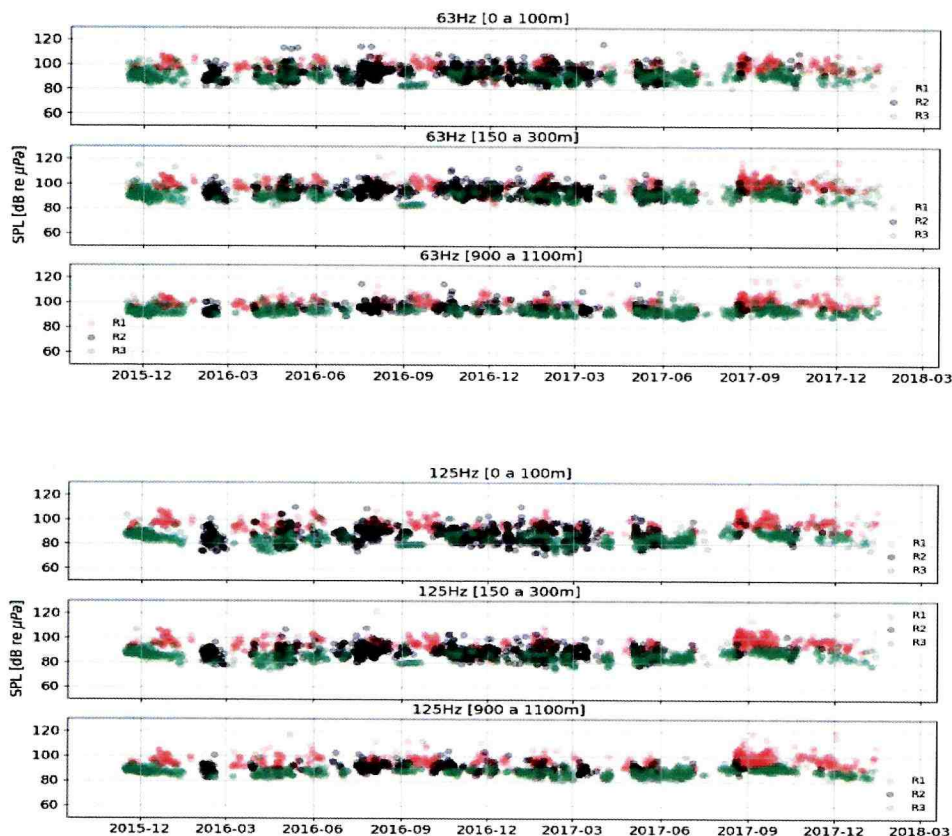



*ufbauf*  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, e comparadas nas três regiões de interesse, definidas na Seção II.2, o que é mostrada na Figura V.4.2.2-4. A Tabela V.4.2.2-3 apresenta os valores médios e desvios padrões para cada situação. Nota-se que em todas as bandas de frequência e faixas de profundidade os maiores Níveis de Pressão Sonora ocorrem na Região 1, seguidos por valores menores na Região 2, sendo os menores valores de todos na Região 3, como esperado. Além disso, o Nível de Pressão Sonora decresce à medida que a frequência aumenta, como foi observado nos mapas da seção anterior.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

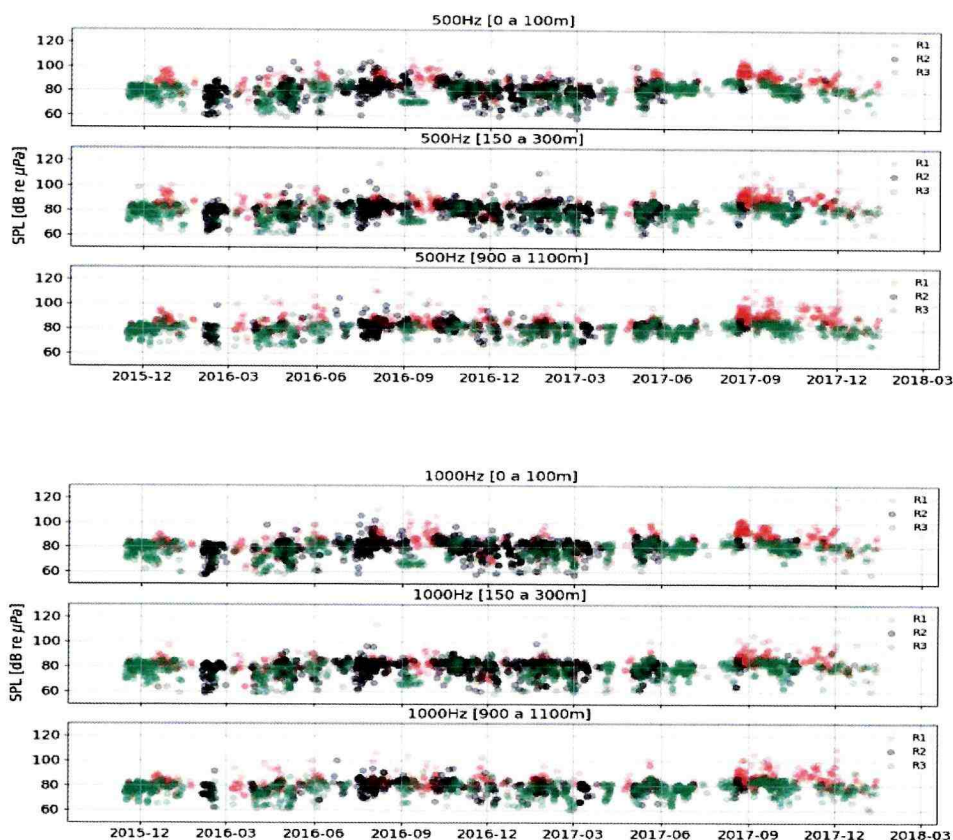


Figura V.4.2.2-4: Níveis de Pressão Sonora de do espectro no percentil de 50%, nas bandas com frequência central de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz nas três faixas de profundidade e comparadas na 3 Regiões.

Tabela V.4.2.2-3: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade nas regiões de interesse.

Banda / Profundidade	0 a 100 m	150 a 300 m	900 a 1.100 m
SPL <sub>63Hz</sub>	R1: 99,46 +- 4,32 dB	R1: 99,72 +- 4,43 dB	R1: 100,00 +- 3,90 dB
	R2: 93,32 +- 5,65 dB	R2: 94,19 +- 4,46 dB	R2: 95,88 +- 4,93 dB
	R3: 90,70 +- 4,29 dB	R3: 91,15 +- 4,22 dB	R3: 93,18 +- 3,07 dB
SPL <sub>125Hz</sub>	R1: 96,63 +- 4,99 dB	R1: 96,38 +- 4,96 dB	R1: 100,00 +- 4,66 dB
	R2: 86,92 +- 6,11 dB	R2: 87,93 +- 4,88 dB	R2: 95,88 +- 3,72 dB
	R3: 84,83 +- 4,40 dB	R3: 85,31 +- 4,03 dB	R3: 93,18 +- 3,10 dB
SPL <sub>500Hz</sub>	R1: 88,92 +- 7,47 dB	R1: 86,26 +- 6,36 dB	R1: 87,76 +- 6,29 dB
	R2: 80,61 +- 6,96 dB	R2: 80,09 +- 6,19 dB	R2: 81,10 +- 5,67 dB
	R3: 79,43 +- 5,87 dB	R3: 78,27 +- 5,43 dB	R3: 79,18 +- 4,84 dB
SPL <sub>1000Hz</sub>	R1: 86,06 +- 7,72 dB	R1: 83,06 +- 6,22 dB	R1: 83,65 +- 5,80 dB
	R2: 79,21 +- 6,82 dB	R2: 78,42 +- 6,27 dB	R2: 78,70 +- 5,61 dB
	R3: 77,73 +- 6,31 dB	R3: 77,13 +- 6,35 dB	R3: 76,74 +- 5,53 dB



*[Signature]*  
Coordenador da Equipe



*[Signature]*  
Técnico Responsável

2º Relatório Técnico

Revisão 00  
08/2018

### V.4.2.3 DENSIDADE AMOSTRAL DOS GLIDERS

A Figura V.4.2.3-1 mostra a densidade amostral de todas as janelas acústicas geradas pelos *gliders*, do final de 2015 até o final do período de referência para este relatório, no final de 2017, para as classes de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m.

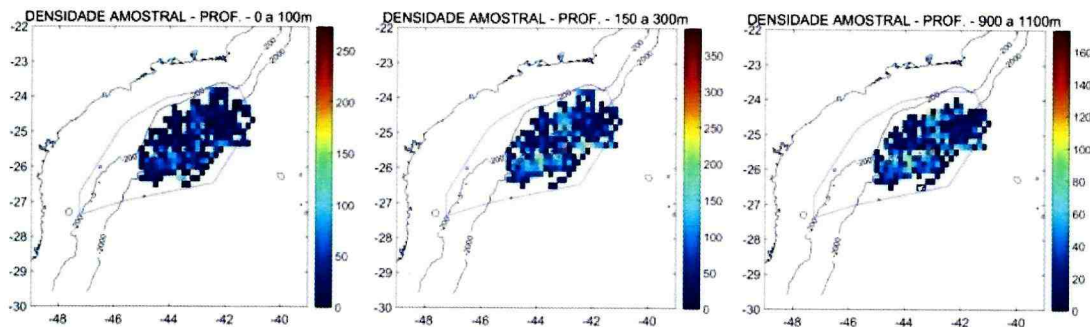


Figura V.4.2.3-1: Densidade amostral dos gliders nas faixas de profundidades entre 0 e 100 m (quadro esquerdo), 150 e 300 m (quadro central), 900 e 1.100 m (quadro direito).

### V.4.2.4 OBSERVAÇÕES SOBRE AS MEDIÇÕES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PELOS GLIDERS

A Figura V.4.2.4-1 mostra as variações  $SPL_{pico}$  na área da Bacia de Santos para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m. O valor médio de  $SPL_{pico}$  foi de 116,0 dB e o desvio padrão de 3,3 dB, onde o máximo, de 126,0 dB ocorreu em 24° 35' 0" S 41° 25' 0" W e o mínimo, de 108,5 dB, em 26° 5' 0" S 44° 45' 0" W. Além disso, a área entre 25°S e 26° de latitude e 42°O e 44°O de longitude tem os maiores valores de  $SPL_{pico}$  nas três faixas de profundidade.

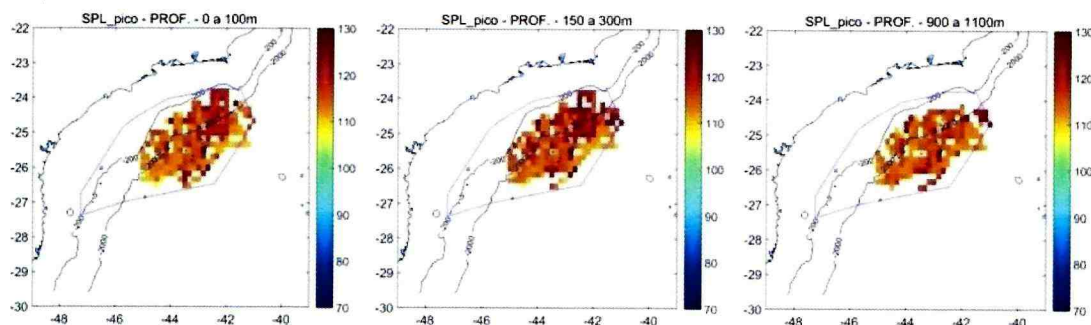


Figura V.4.2.4-1: Níveis de Pressão Sonora pico  $SPL_{pico}$  nas três faixas de profundidade.





A Figura V.4.2.4-2 mostra as variações do percentil de 50% para todo o espectro de frequências ( $SPL_{esp\_50p}$ ). A área que possui os maiores valores de  $SPL_{esp\_50p}$  também está entre  $25^{\circ}S$  e  $26^{\circ}S$  de latitude e  $42^{\circ}O$  e  $44^{\circ}O$  de longitude. O valor médio de  $SPL_{esp\_50p}$  foi de 107,5 dB e o desvio padrão de 3.4 dB, onde o máximo, de 107,5 dB, ocorreu em  $24^{\circ}35'0''S$  e  $43^{\circ}55'0''W$  e o mínimo, de 87,1 dB, em  $24^{\circ}35'0''S$  e  $44^{\circ}5'0''W$ .

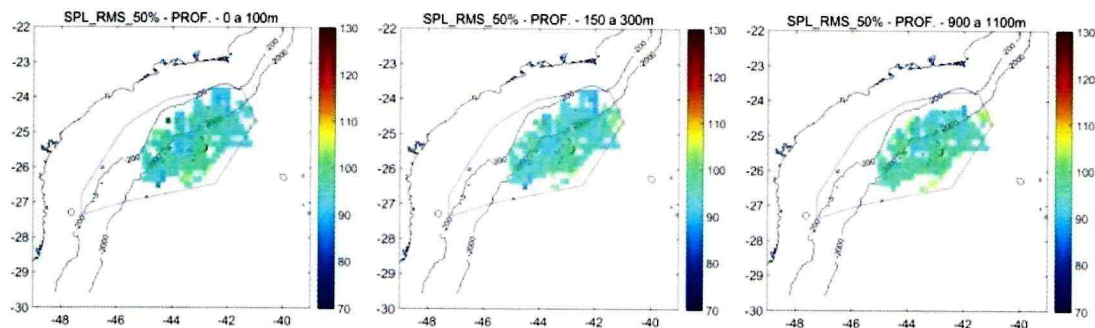


Figura V.4.2.4-2: Níveis de Pressão Sonora  $SPL_{esp\_50p}$  nas três faixas de profundidade

A Figura V.4.2.2-3 mostra as variações SPL nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz ( $SPL_{63Hz}$ ,  $SPL_{125Hz}$ ,  $SPL_{500Hz}$  e  $SPL_{1000Hz}$ ) na área da Bacia de Santos para as faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m.



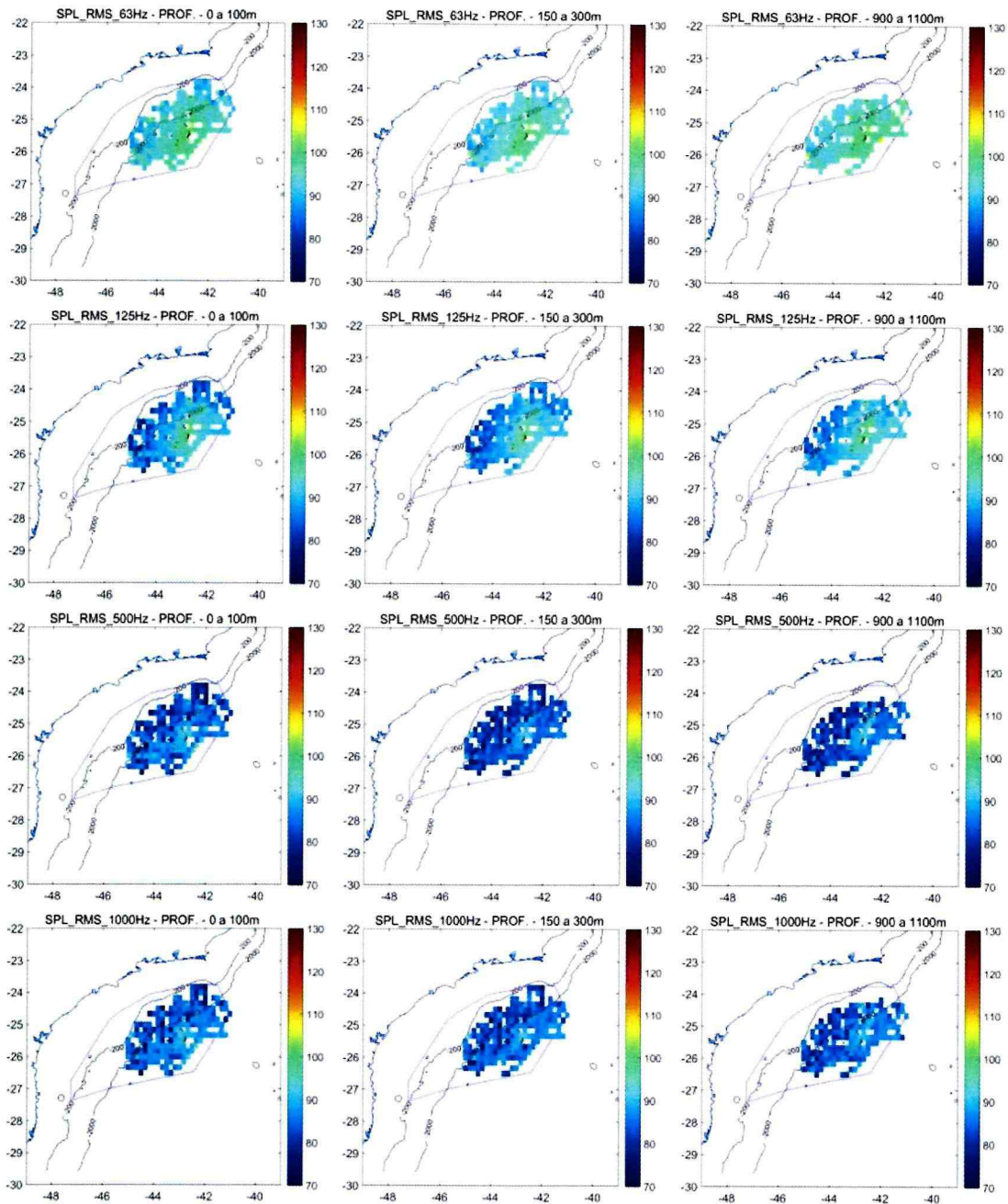


Figura V.4.2.4-3:  $SPL_{63Hz}$  (1ª linha),  $SPL_{125Hz}$  (2ª linha),  $SPL_{500Hz}$  (3ª linha) e  $SPL_{1000Hz}$  (4ª linha) para 0 a 100 m (1ª coluna), 150 a 300 m (2ª coluna) e 900 a 1.100 m (3ª coluna).

Os valores médios e desvios padrão por banda e faixa de profundidade estão descritos na Tabela V.4.2.4-1. É observada a esperada diminuição do Nível de Pressão Sonora para as frequências mais altas, em todas as profundidades, devido ao aumento da atenuação da água do mar com o aumento da frequência dos sinais. No entanto deve ser investigada a causa de

que nas bandas de frequências mais baixas, o Nível de Pressão Sonora aumentou com a profundidade.

*Tabela V.4.2.4-1: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade.*

Banda / Profundidade	0 a 100 m	150 a 300 m	900 a 1.100 m
SPL <sub>63Hz</sub>	94,6 +- 3,8 dB	94,5 +- 3,5 dB	96,0 +- 3,2 dB
SPL <sub>125Hz</sub>	89,0 +- 5,1 dB	89,0 +- 4,6 dB	90,3 +- 4,0 dB
SPL <sub>500Hz</sub>	84,4 +- 4,8 dB	82,9 +- 4,1 dB	83,6 +- 4,0 dB
SPL <sub>1000Hz</sub>	84,7 +- 4,5 dB	83,8 +- 4,2 dB	84,3 +- 3,7 dB

As posições onde ocorrem os valores mínimos e máximos por banda e faixa de profundidade estão descritos na Tabela V.4.2.4-2.

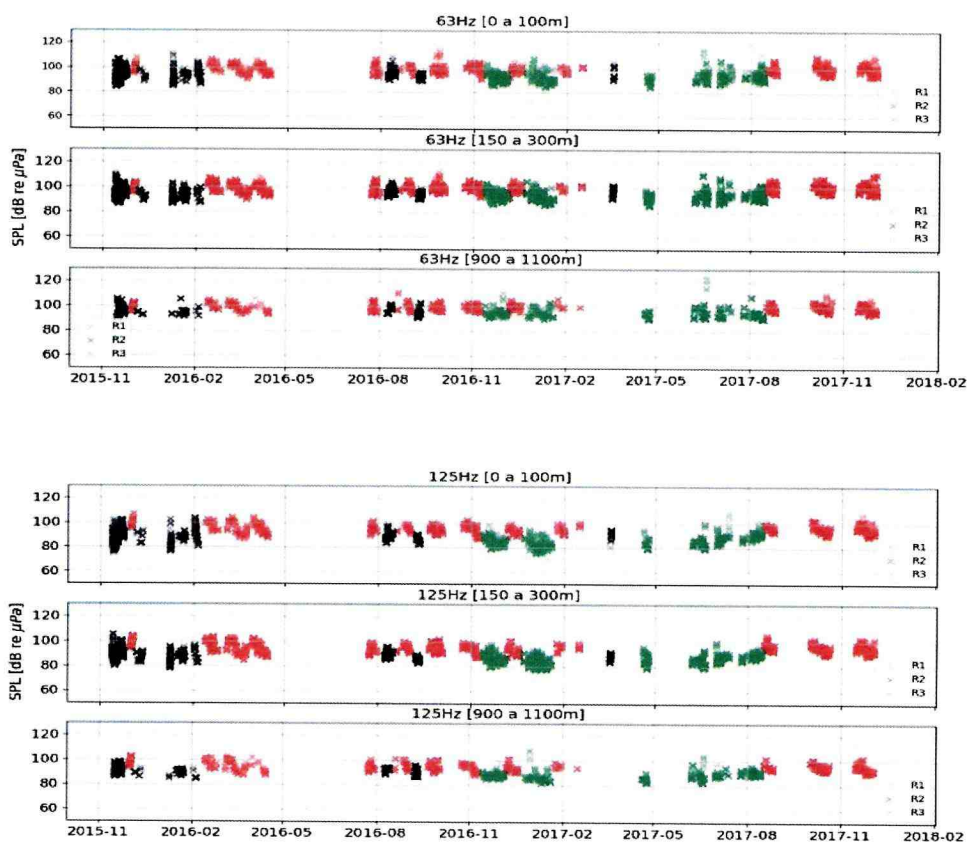
*Tabela V.4.2.4-2: Valores mínimos e máximos de SPL por banda e faixas de profundidade e suas localizações*

Banda / Profundidade	0 a 100 m	150 a 300 m	900 a 1.100 m
SPL <sub>63Hz</sub>	Min: 84,8 dB 24° 5' 0" S 41° 25' 0" W	Min: 84,9 dB 24° 15' 0" S 43° 45' 0" W	Min: 88,0 dB 25° 45' 0" S 44° 55' 0" W
	Max: 104,0 dB 24° 55' 0" S 44° 15' 0" W	Max: 102,2 dB 25° 5' 0" S 42° 35' 0" W	Max: 110,1 dB 25° 25' 0" S 42° 5' 0" W
SPL <sub>125Hz</sub>	Min: 77,1 dB 25° 5' 0" S 44° 35' 0" W	Min: 78,9 dB 25° 5' 0" S 44° 35' 0" W	Min: 81,3 dB 25° 45' 0" S 44° 55' 0" W
	Max: 102,3 dB 25° 25' 0" S 42° 45' 0" W	Max: 101,3 dB 25° 25' 0" S 42° 45' 0" W	Max: 102,2 dB 25° 25' 0" S 42° 45' 0" W
SPL <sub>500Hz</sub>	Min: 68,1 dB 25° 35' 0" S 44° 15' 0" W	Min: 69,7 dB 24° 45' 0" S 43° 55' 0" W	Min: 70,8 dB 25° 5' 0" S 43° 15' 0" W
	Max: 98,6 dB 25° 35' 0" S 42° 15' 0" W	Max: 98,8 dB 25° 5' 0" S 42° 25' 0" W	Max: 94,7 dB 24° 55' 0" S 42° 25' 0" W
SPL <sub>1000Hz</sub>	Min: 67,6 dB 26° 25' 0" S 44° 25' 0" W	Min: 69,7 dB 24° 55' 0" S 43° 35' 0" W	Min: 71,0 dB 24° 25' 0" S 43° 35' 0" W
	Max: 98,4 dB 25° 35' 0" S 42° 15' 0" W	Max: 97,2 dB 25° 5' 0" S 42° 25' 0" W	Max: 95,0 dB 24° 15' 0" S 42° 35' 0" W

Foi analisada a distribuição do parâmetro Nível de Pressão Sonora do percentil de 50% nas bandas de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz (SPL<sub>63Hz</sub>, SPL<sub>125Hz</sub>, SPL<sub>125Hz</sub> e SPL<sub>1000Hz</sub>) obtido a partir das medições dos *gliders* para as



faixas de profundidade de 0 a 100 m, 150 a 300 m e 900 a 1.100 m, e comparadas nas 3 regiões de interesse, o que é mostrada na Figura V.4.2.4-4. Nota-se que em todas as bandas de frequência e faixas de profundidade os maiores Níveis de Pressão Sonora média ocorrem na Região 1, seguidos por valores menores na Região 2, sendo os menores valores de todos na Região 3, como esperado. Além disso, o Nível de Pressão Sonora decresce à medida que a frequência aumenta, como foi observado nos mapas da seção anterior.



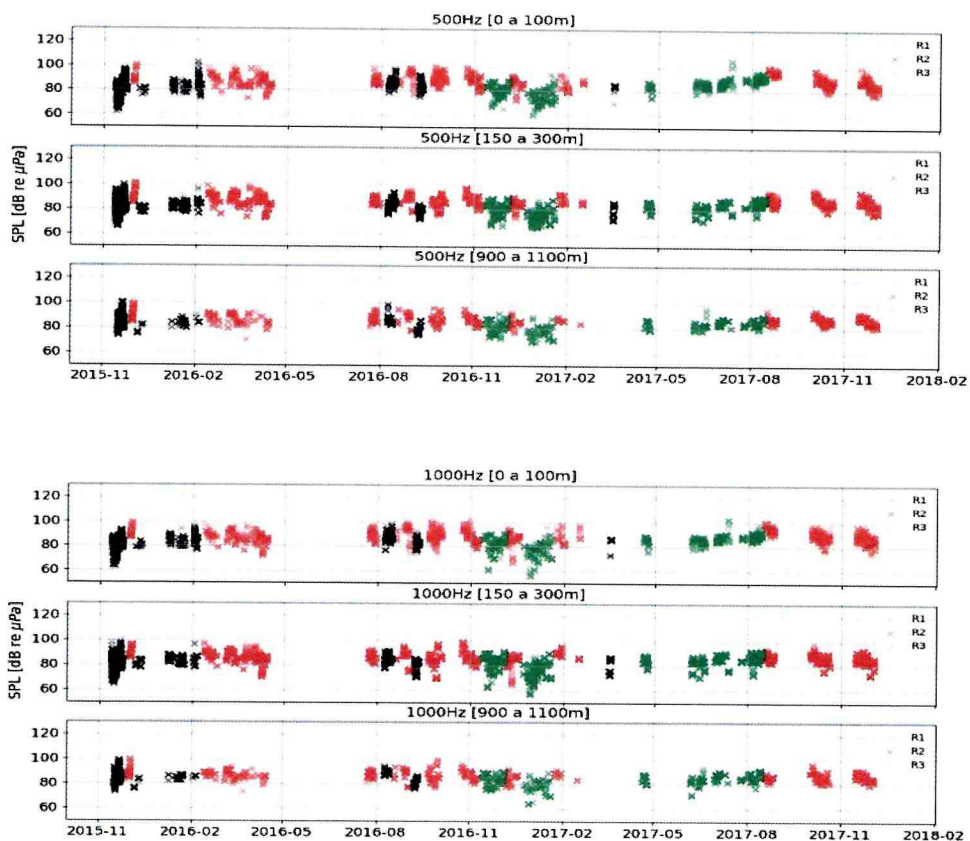


Figura V.4.2.4-4: Níveis de Pressão Sonora, para os gliders, do espectro no percentil de 50%, nas bandas com frequência central de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz nas três faixas de profundidade e comparadas nas três regiões.

Tabela V.4.2.4-3: Valores médios e desvios padrões de SPL por banda e faixas de profundidade nas regiões de interesse.

Banda / Profundidade	0 a 100 m	150 a 300 m	900 a 1.100 m
SPL <sub>63Hz</sub>	R1: 99,22 +- 3,65 dB	R1: 99,12 +- 3,39 dB	R1: 99,24 +- 2,99 dB
	R2: 93,92 +- 4,97 dB	R2: 93,92 +- 3,96 dB	R2: 95,43 +- 3,20 dB
	R3: 92,84 +- 4,65 dB	R3: 92,78 +- 4,65 dB	R3: 94,84 +- 4,13 dB
SPL <sub>125Hz</sub>	R1: 95,26 +- 3,69 dB	R1: 95,12 +- 3,65 dB	R1: 94,98 +- 3,37 dB
	R2: 88,37 +- 5,49 dB	R2: 88,59 +- 4,01 dB	R2: 91,33 +- 2,85 dB
SPL <sub>500Hz</sub>	R3: 86,11 +- 4,84 dB	R3: 86,02 +- 4,03 dB	R3: 88,35 +- 3,52 dB
	R1: 87,93 +- 5,44 dB	R1: 86,44 +- 4,45 dB	R1: 87,09 +- 4,01 dB
	R2: 81,82 +- 6,57 dB	R2: 81,15 +- 5,54 dB	R2: 83,69 +- 5,28 dB
SPL <sub>1000Hz</sub>	R3: 81,58 +- 6,81 dB	R3: 81,22 +- 5,50 dB	R3: 82,36 +- 4,73 dB
	R1: 87,94 +- 5,36 dB	R1: 86,04 +- 4,62 dB	R1: 86,66 +- 3,91 dB
	R2: 82,27 +- 5,91 dB	R2: 81,55 +- 5,45 dB	R2: 85,26 +- 4,54 dB
	R3: 83,63 +- 6,71 dB	R3: 82,69 +- 6,36 dB	R3: 83,47 +- 5,18 dB




## V.4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

### V.4.3.1 DISTRIBUIÇÃO DAS MEDIÇÕES DE $SPL_{50p}$ DE PERFILADORES E GLIDERS

A Figura V.4.3.1-1 mostra os histogramas e curvas de densidade de probabilidade do parâmetro  $SPL_{50p}$  para a distribuição do tipo normal ajustada nos dados, para as bandas de frequências e as faixas de profundidade analisadas nas regiões de interesse. O teste de Shapiro-Wilk mostrou que os dados coletados atendem às premissas de normalidade. Nota-se que os desvios padrões são menores nas bandas 63 Hz e 125 Hz do que nas bandas de 500 Hz e 1.000 Hz. Além disso, os valores de SPL diminuem à medida que a frequência aumenta. Nota-se, também, que a região R3 possui os valores de SPL mais baixos entre as três regiões. Nesta análise, são usados os dados obtidos tanto pelos perfiladores como pelos *gliders*.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

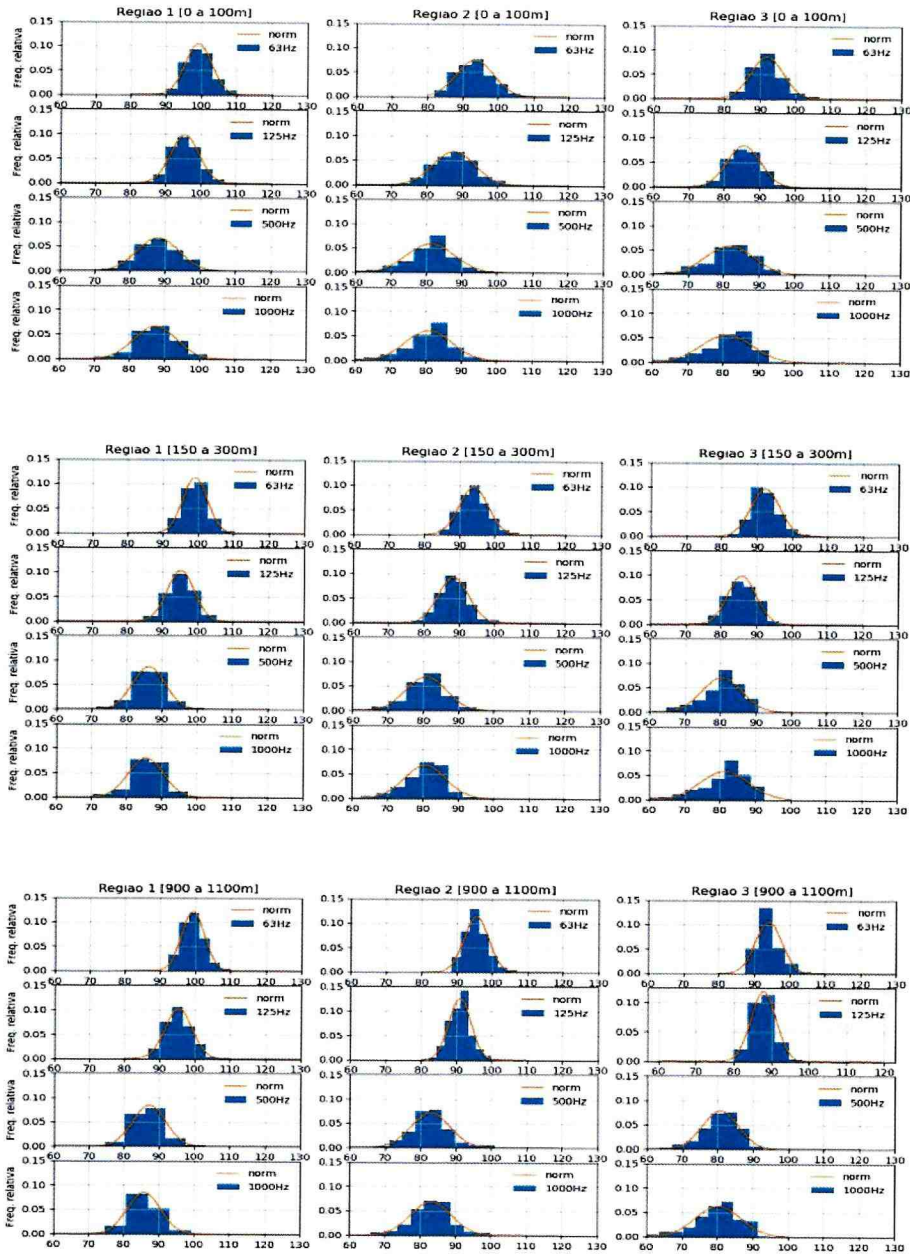


Figura V.4.3.1-1: Histograma e distribuição normal para  $SPL_{63Hz}$  (1ª linha),  $SPL_{125Hz}$  (2ª linha),  $SPL_{500Hz}$  (3ª linha) e  $SPL_{1000Hz}$  (4ª linha) para as Regiões 1 (1ª coluna), 2 (2ª coluna) e 3 (3ª coluna) e faixa de profundidade de 0 a 100 m.



### V.4.3.2 CORRELAÇÃO DE MEDIÇÕES DE PERFILADORES E DADOS AMBIENTAIS E DE TRÁFEGO

Foi realizada a avaliação das correlações entre os Níveis de Pressão Sonora (parâmetro  $SPL_{50p}$  dos perfiladores) para as quatro bandas de frequência de interesse e os parâmetros de número de embarcações (NEMB), intensidade de vento (WIND) e altura significativa de ondas (HS), para todas as regiões de interesse. A Tabela V.4.3.2-4 apresenta os resultados destas correlações.

As correlações entre o NEMB e os parâmetros  $SPL_{50p}$  são mais altas nas bandas de 125 Hz (38%) e 500 Hz (33%). Para o vento (WIND) e altura significativa de ondas (HS), as correlações aumentam à medida que a frequência aumenta, evidenciando uma maior influência da componente ambiental nas altas frequências (500 Hz e 1.000 Hz).

Tabela V.4.3.2-4: Correlações para o período de junho de 2016 a maio de 2017 (todos os resultados atenderam o nível de significância de 5%,  $p\text{-value} < 0,05$ ).

	$SPL_{63Hz}$	$SPL_{125Hz}$	$SPL_{500Hz}$	$SPL_{1000Hz}$
NEMB	0,30	0,38	0,33	0,28
WIND	0,04	0,08	0,52	0,63
HS	0,06	0,10	0,34	0,38

A Figura V.4.3.2-1 apresenta os resultados da Análise de Variância (ANOVA), mostrando que os valores de SPL para bandas de 63 Hz e 125 Hz na faixa de profundidade de 0 a 100 m são significativamente diferentes nas três regiões de interesse. Já para as bandas de 500 Hz e 1.000 Hz, as regiões 2 e 3 não possuem diferenças significativas entre elas, porém elas são significativamente diferentes da região 1.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018



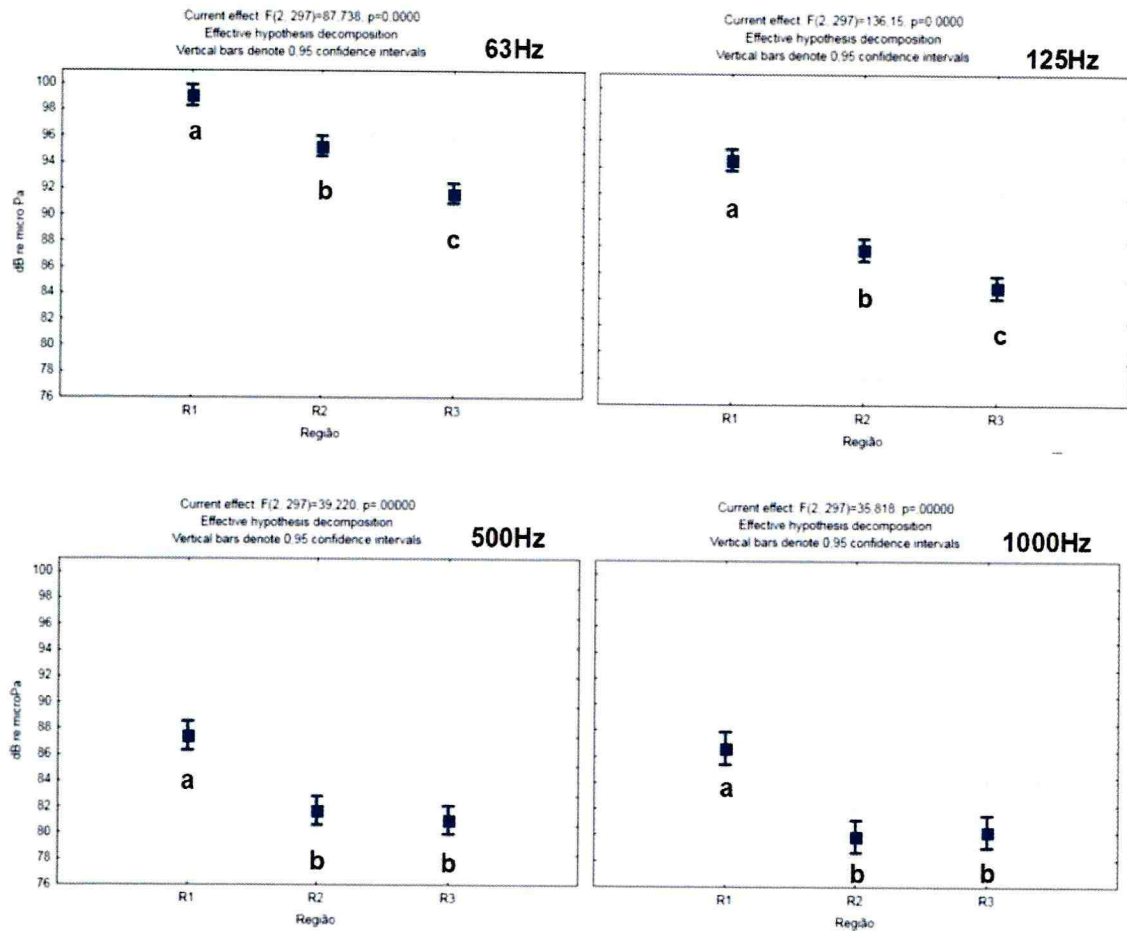


Figura V.4.3.2-1: ANOVA para o SPL<sub>50p</sub> nas bandas de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz e 1.000 Hz para faixa de profundidade de 0 a 100 m.



## V.4.4 OUTRAS ANÁLISES

### V.4.4.1 PERÍODOS DOS CICLOS DE COLETA DOS PERFILADORES

Os perfiladores foram programados para executar um ciclo de medição por dia, partindo de seu repouso na profundidade de estacionamento, em torno de 1.000 m, e subindo para realizar as medições em cinco janelas acústicas, estabelecidas em 950 m, 750 m, 500 m, 200 m e 50 m.

Para melhor visualizar essas informações, a Figura V.4.4.1-1 apresenta as profundidades onde foram realizadas as janelas de medição acústica em função da hora do dia na qual elas ocorreram. Pode ser observada a concentração de medições nas profundidades entre 0-100 m, 150-300 m, em torno de 500 m, entre 700 e 800 m, e entre 900 a 1.000 m. No histograma das profundidades, podem ser visualizadas as cinco profundidades executadas pelo equipamento. Já no histograma da hora do dia, nota-se uma grande concentração das medições no segundo período do dia, entre 12 h e 24 h. Esta concentração leva a crer que todos os perfiladores foram programados para iniciar o ciclo aproximadamente no mesmo horário, no início do período da tarde.

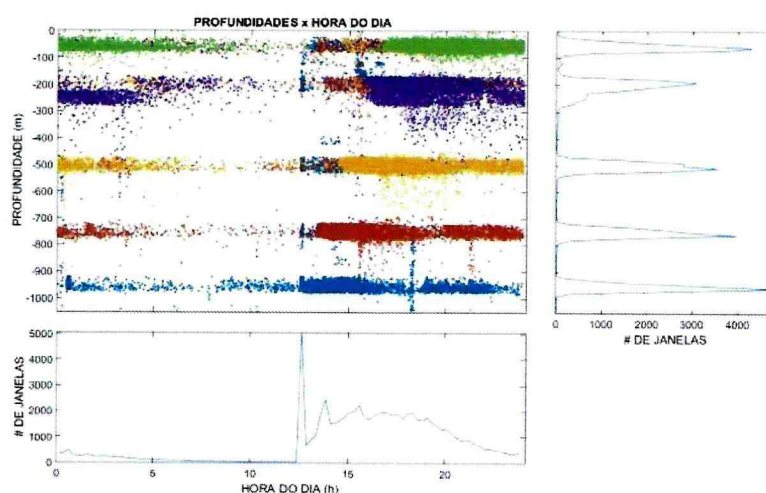



Figura V.4.4.1-1: Profundidade (dBar) das janelas acústicas em função da hora do dia (gráfico central) e histogramas da profundidade (gráfico da direita) e da hora do dia (gráfico inferior) nas quais as medições foram realizadas.

Uma informação complementar diz respeito ao intervalo de tempo entre as medições efetuadas. A Figura V.4.4.1-2 mostra um histograma do intervalo de



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

tempo entre as janelas acústicas medidas pelos perfiladores. O histograma é bimodal, com a primeira distribuição indicando o tempo entre as janelas acústicas efetuadas por cada perfilador durante sua subida, em torno de 1,5 h e a segunda distribuição, em torno de 17 h, correspondendo ao tempo entre a última janela acústica em uma subida e a primeira janela acústica do próximo ciclo de subida.

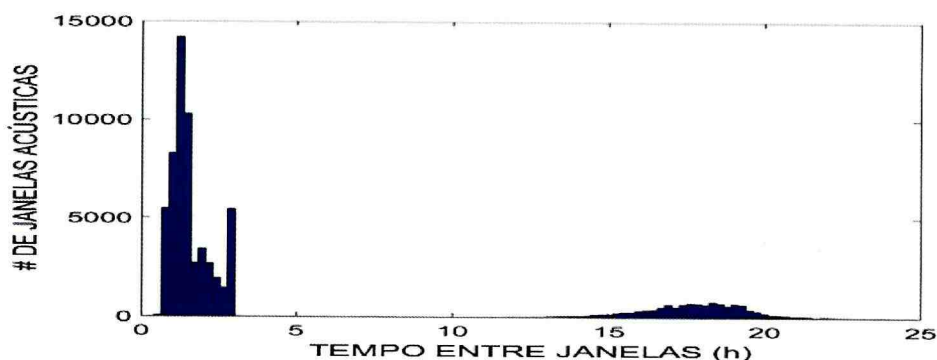


Figura V.4.4.1-2: Histograma do intervalo de tempo entre as janelas acústicas.

Outra informação interessante é a distância percorrida pelos perfiladores entre seus ciclos de medição. A Figura V.4.4.1-3 mostra um histograma da distância entre as posições GPS obtidas pelos perfiladores após cada ciclo de medição ao atingir a superfície e enviar os seus dados para o satélite. Esta distância variou bastante, indo até perto de 50 km. A moda do histograma ficou em torno de 4 km.

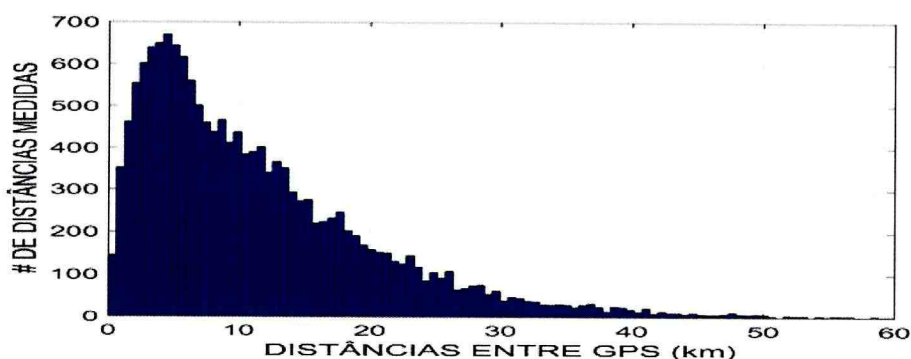


Figura V.4.4.1-3: Histograma da distância percorrida entre as posições GPS obtidas pelos perfiladores.

Também presente nos dados está a informação do tempo gasto pelo perfilador para mergulhar (tempo na superfície), após obter sua posição GPS. O histograma da Figura V.4.4.1-4 apresenta este tempo, sendo observado que o



perfilador fica até cerca de 50 minutos na superfície, antes de mergulhar, com a moda do histograma sendo de cerca de 7 minutos.

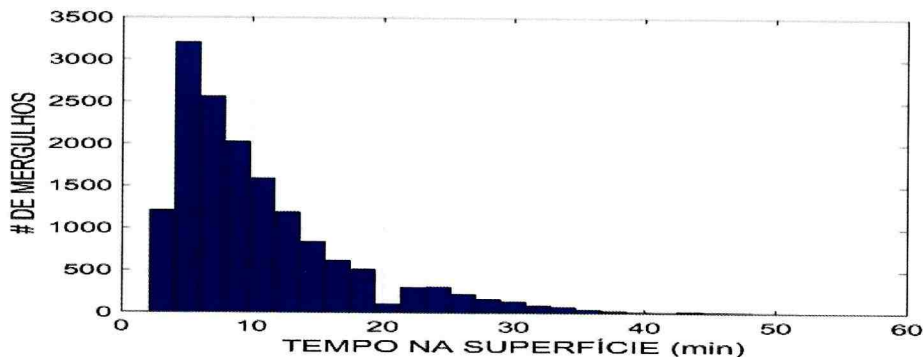


Figura V.4.4.1-4: Histograma do tempo gasto entre a obtenção da posição GPS e o mergulho do perfilador.

#### V.4.4.2 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE CORRENTES MARINHAS NAS MEDIÇÕES DAS LFIs

Os elevados níveis de ruído acústico observados nas LFIs levaram à suposição de que eles pudessem estar sendo provocados pela corrente oceânica passando por estas linhas. A passagem do fluxo de água pelo hidrofone provoca flutuações de pressão, como descrito por (STRASSBERG, 1979) e (ERBE *et al.*, 2015). Estas flutuações são captadas pelo hidrofone, mas têm uma origem não acústica, não fazendo parte do ambiente acústico, sendo chamada de pseudo-ruído.

Junto aos equipamentos de gravação acústica instalados nas LFIs, foram instalados, também, equipamentos para medir a corrente oceânica. Estas medições foram obtidas para as profundidades dos gravadores acústicos, de forma a permitir verificar se elas tiveram alguma influência no ruído medido. Os dados de corrente foram fornecidos pela Gardline, com os valores de velocidade e direção da corrente oceânica para as LFIs FA02 e FA04, medidas a cada 20 minutos.

A Figura V.4.4.2-1 apresenta a velocidade da corrente oceânica medida na LFI-FA02, para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, sendo que nos três gráficos inferiores, a apresentação é feita em função da hora do dia da medição, para cada dia. A velocidade varia desde alguns poucos cm/s até mais de 80 cm/s, com velocidades maiores para a linha na profundidade de 50 m,



seguida da profundidade de 200 m. Na profundidade de 950 m, foram medidas velocidades menores que nas outras duas profundidades.

Durante um tempo, em torno do dia 180 a partir do início da medição, não foram coletados dados nas profundidades de 50 m e 200 m. No mapa, é possível ver trechos de dias em que a velocidade aumenta, se mantendo elevado por alguns dias, principalmente nas profundidades de 50 m e 200 m.



Coordenador da Equipe



Técnico Responsável

2º Relatório  
TécnicoRevisão 00  
08/2018

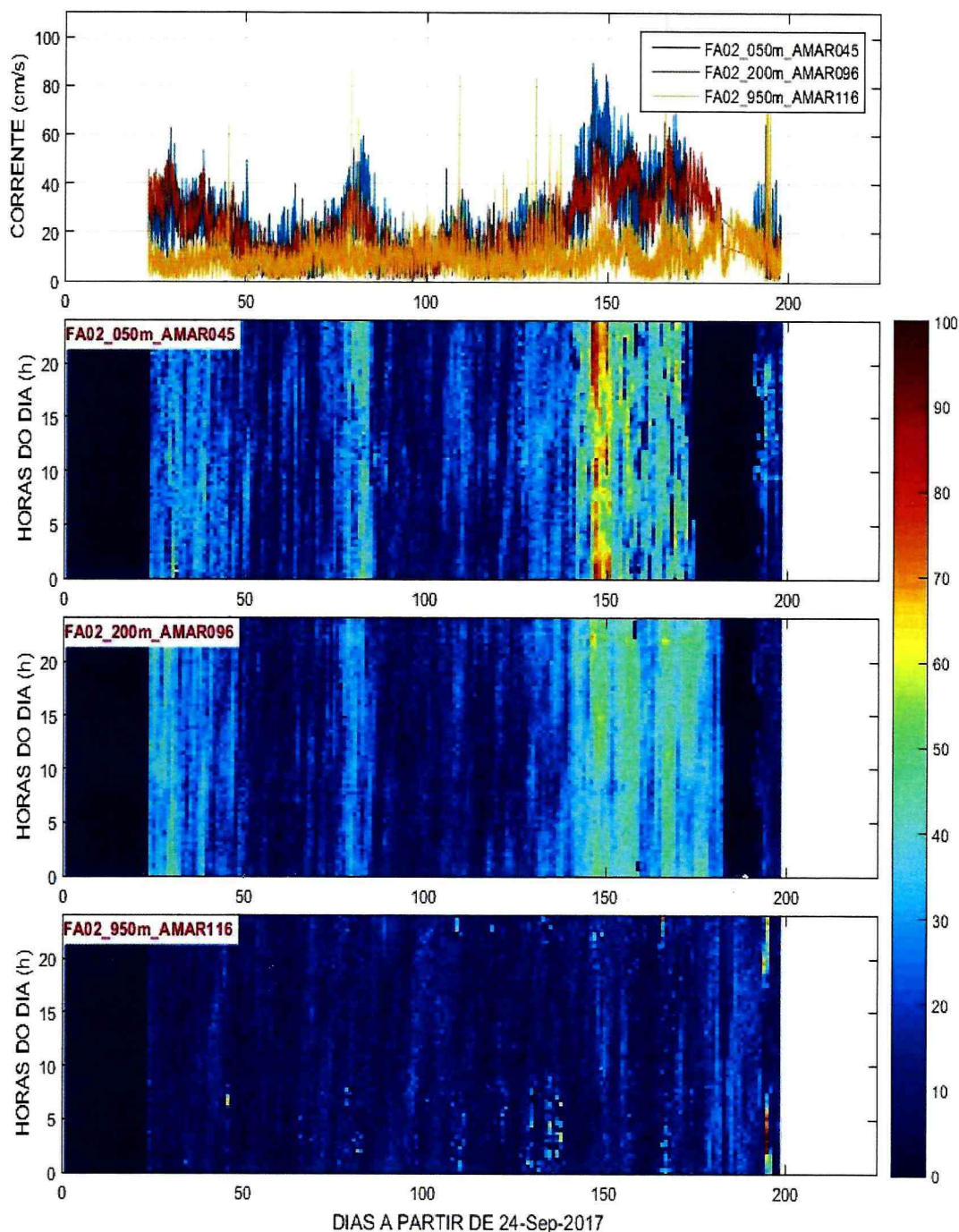


Figura V.4.4.2-1: Velocidade da corrente oceânica para a LFI-FA02, nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia e, nos três gráficos inferiores, separado por hora do dia da medição.

A Figura V.4.4.2-2 apresenta a velocidade da corrente oceânica medida na LFI-FA04, para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, sendo que nos três gráficos inferiores, a apresentação é feita em função da hora do dia da



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

medição, para cada dia. A velocidade varia desde alguns poucos cm/s até mais de 100 cm/s, com velocidades maiores para a linha na profundidade de 50 m, seguida da profundidade de 200 m. Na profundidade de 950 m, foram medidas velocidades menores que nas outras duas profundidades.

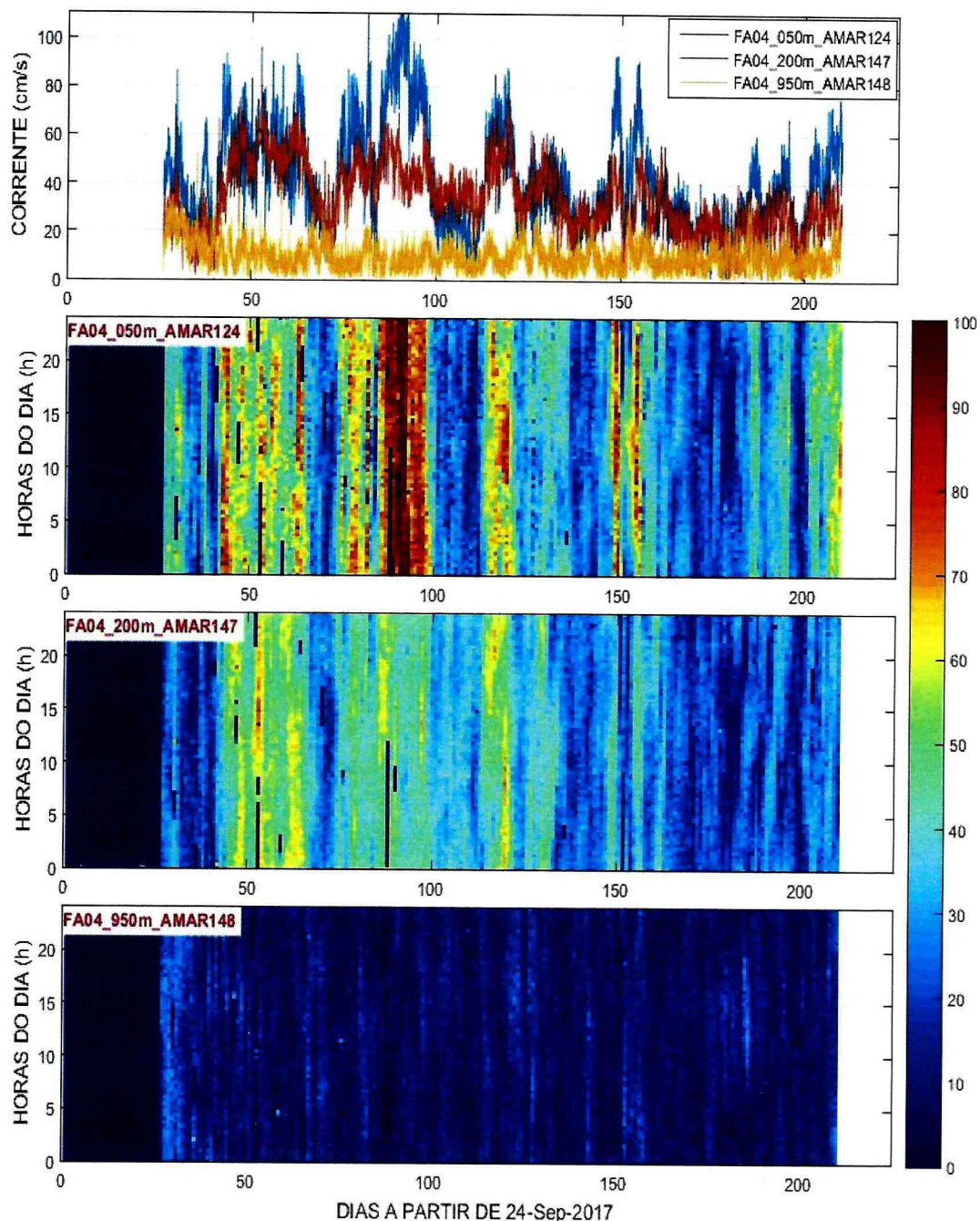


Figura V.4.4.2-2: Velocidade da corrente oceânica para a LFI-FA04, nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, em função do dia e, nos três gráficos inferiores, separado por hora do dia da medição.



Para verificar a influência da corrente oceânica nos níveis de pressão sonora medidos nas LFI, foi feita a correlação entre a velocidade de corrente e o  $SPL_{50p}$ , nas profundidades de 50 m, 200 m e 950 m. A correlação foi feita para cada banda do espectro de 1/3 de oitava. Inicialmente, a correlação foi feita usando-se todo o tempo disponível, para cada banda de frequência do espectro de 1/3 de oitava. A Figura V.4.4.2-3 apresenta os resultados para as duas linhas analisadas. Em todas elas, pode-se observar uma alta correlação entre a corrente oceânica e o  $SPL_{50p}$ , com maiores valores para as profundidades de 50 m e 200 m. Na FA02, a faixa de frequência afetada foi até cerca de 200 Hz, enquanto que para a FA04, a faixa de frequência afetada subiu até acima de 1.000 Hz.

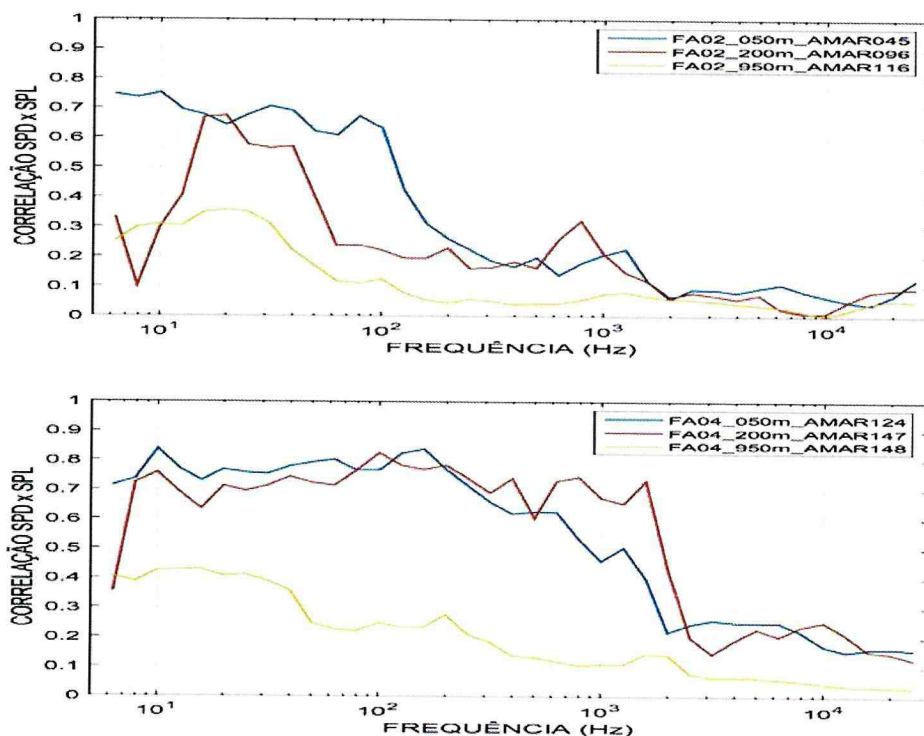


Figura V.4.4.2-3: Correlação entre  $SPL_{50p}$  e a velocidade de corrente para as LFI-FA02 (em cima) e LFI-FA04 (embaixo), para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m, por banda do espectro de 1/3 de oitava, usando todo o tempo disponível.


Os gráficos da Figura V.4.4.2-3 não indicam se houve alguma variação da correlação ao longo dos dias de medição. Para permitir esta avaliação, foram feitas correlações utilizando-se os dados de um intervalo de tempo de quatro





dias, com avanço de um dia. As Figuras V.4.4.2-4 e 5 apresentam esta correlação por banda de frequência do espectro de 1/3 de oitava, em função do dia inicial da janela de quatro dias usada.

A Figura V.4.4.2-4 apresenta a correlação por banda do espectro de 1/3 de oitava e em janelas de quatro dias para a LFI FA02, para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m. Observa-se uma grande variação da correlação na profundidade de 50 m e um pouco menos na profundidade de 200 m. Em ambos os casos, embora exista uma correlação alta entre as variáveis, existem alguns dias em que esta correlação ficou bastante reduzida. Na profundidade de 950 m, uma correlação maior ocorreu apenas próximo ao dia 160.

  
\_\_\_\_\_  
Coordenador da Equipe  
\_\_\_\_\_  
Técnico Responsável2º Relatório  
TécnicoRevisão 00  
08/2018

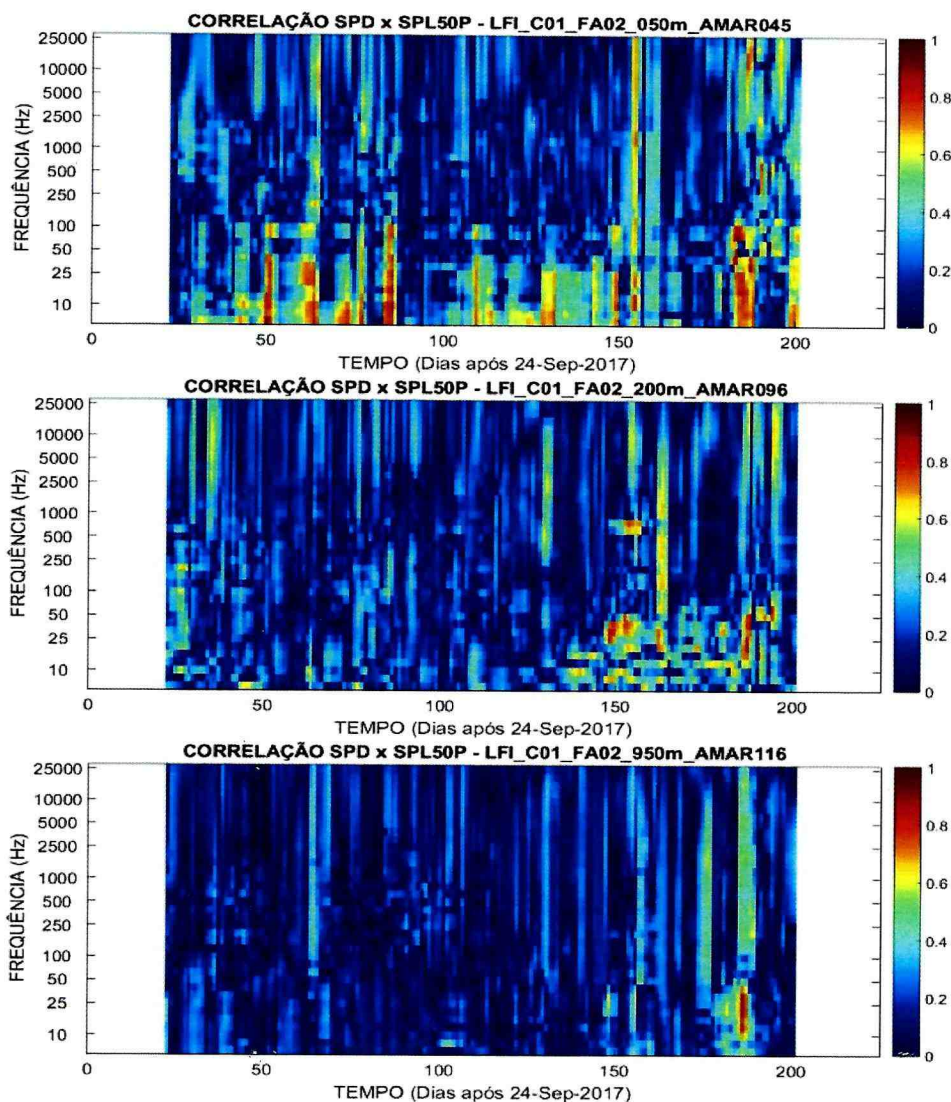


Figura V.4.4.2-4: Correlação entre  $SPL_{50P}$  e a velocidade de corrente para a LFI-FA02, a 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo), por banda do espectro de 1/3 de oitava, por intervalos de tempo de quatro dias.

A Figura V.4.4.2-5 apresenta a correlação por banda do espectro de 1/3 de oitava e em janelas de quatro dias para a LFI FA04, para as profundidades de 50 m, 200 m e 950 m. Observa-se que nas profundidades de 50 m e 200 m a correlação é alta durante quase todo o tempo de gravação, em frequências que vão até o filtro 25 (1.600 Hz).



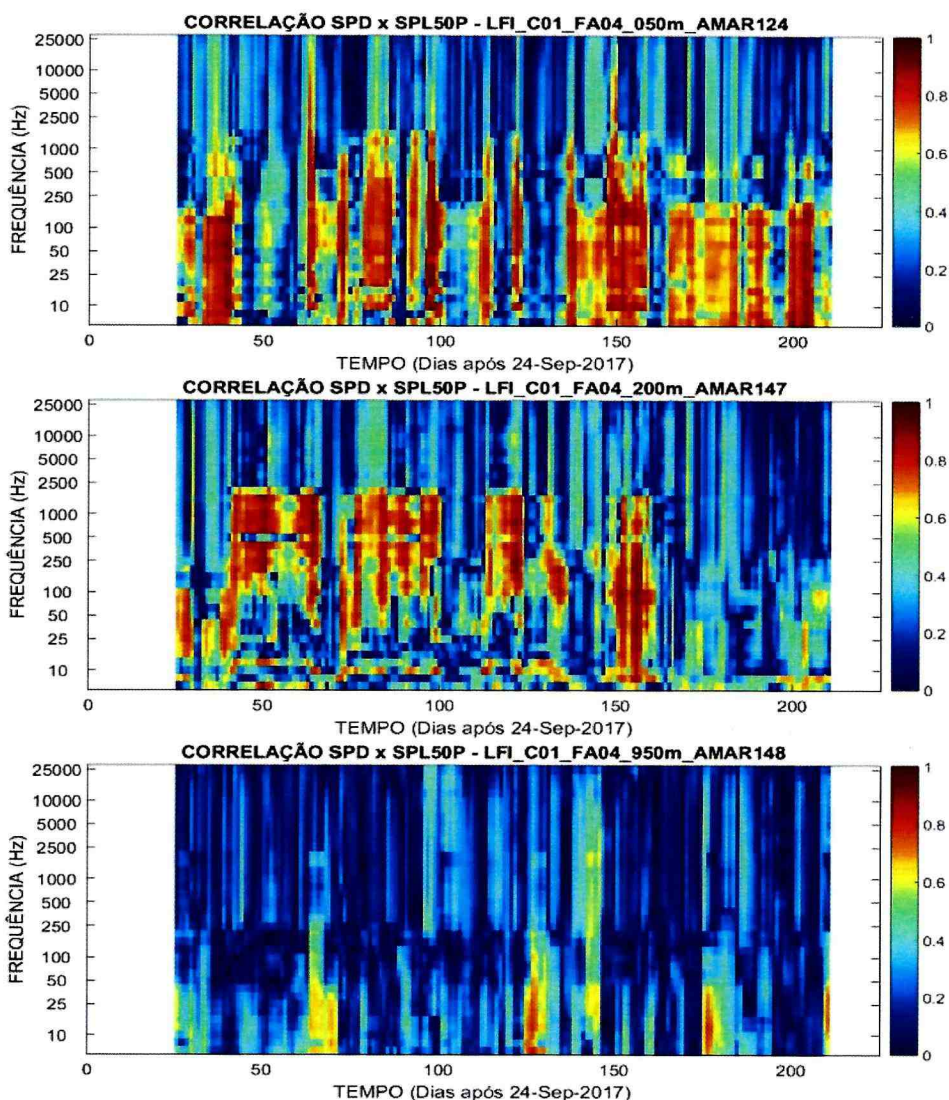


Figura V.4.4.2-5: Correlação entre  $SPL_{50P}$  e a velocidade de corrente para a LFI-FA04, a 50 m (em cima), 200 m (no meio) e 950 m (embaixo), por banda do espectro de 1/3 de oitava, por intervalos de tempo de quatro dias.

A análise do parâmetro  $SPL_{50p}$  mostrou uma variabilidade muito grande ao longo dos dias de medição. Uma análise do áudio de trechos com níveis altos mostrou ser possível que a causa destes ruídos tenha origem na própria linha de medição, devendo ser consideradas como ruído próprio. Estes ruídos próprios parecem ser induzidos pela corrente oceânica que passa pelas linhas, como pode ser visto na alta correlação entre a velocidade da corrente oceânica e os níveis de ruído  $SPL_{50p}$ .



Das linhas analisadas, todas apresentaram problemas de indução de ruído próprio com a corrente oceânica, sendo mais intenso na LFI\_FA04, e mais intenso nas profundidades de 50 m e 200 m. Estes ruídos tornam inviável, a princípio, a utilização destas gravações como representativas do ruído ambiente nos locais das medições. Estudos posteriores podem permitir a definição de procedimentos que permitam a seleção de trechos de gravação que possam ser considerados livres da interferência do ruído próprio induzido pelas correntes oceânicas.

Mesmo com maior intensidade de atividade E&P e rota preferencial de E&P na posição do fundeio da LFI-FA02 do que no fundeio da LFI-FA04 (que está fora da zona de atividade de E&P ou rota preferencial de navegação de E&P), os níveis de pressão sonora medidos pelos equipamentos acústicos na LFI-FA04 foram superiores aos níveis de pressão sonora na LFI-FA02, devido ao fato da velocidade das correntes marinhas ser superior próximo à LFI-FA04. Toda a região da Bacia de Santos está exposta ao efeito das correntes de contorno oeste (Corrente do Brasil e Contra-Corrente Intermediária) no talude continental que engloba profundidades até em torno de 2.000 m e sujeita ao efeito das correntes marinhas geradas por vórtices oceânicos e meandros das correntes de contorno, em profundidades superiores a 2.000 m. Ou seja, qualquer equipamento de medição acústica instalado em linha de fundeio na Bacia de Santos irá estar sujeita a elevados níveis de velocidades de correntes marinhas, que poderão afetar a qualidade das medições acústicas devido ao efeito do ruído de escoamento (*flow noise*), causado pelo efeito direto das correntes marinhas nos equipamentos acústicos e também devido a vibração de toda a linha de fundeio induzida por estas correntes.

#### **V.4.4.3 INVESTIGAÇÃO SOBRE SINAIS OBTIDOS NAS LFIs**

Nas Figuras V.4.4.3-1 a 5, são apresentados exemplos de espectrogramas de diferentes sinais gravados nas LFIs, mostrando sinais obtidos em situações normais e em situações onde, aparentemente, a corrente oceânica provocou aumento do ruído medido pelos gravadores acústicos.

Na Figura V.4.4.3-1, o aumento no ruído foi grande o suficiente para provocar a saturação da gravação. No áudio deste trecho, percebe-se que o



ruído é, provavelmente, proveniente do próprio sistema de aquisição, com ruídos que se assemelham a vibrações e choque entre objetos provocados pela passagem da corrente pela linha.

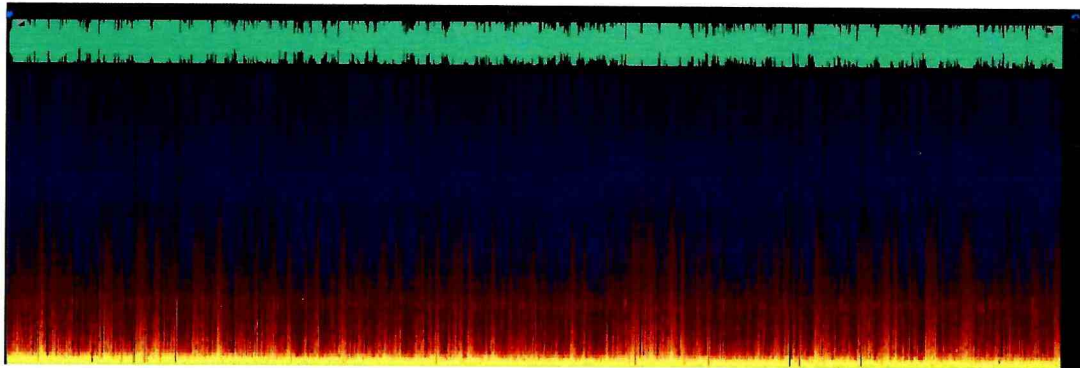


Figura V.4.4.3-1: Espectrograma de um arquivo gravado na LFI, a 50 m de profundidade.

Na Figura V.4.4.3-2, observa-se a passagem de um navio próximo à linha. Também neste caso, a corrente oceânica não interfere significativamente no ruído medido pelo sistema.

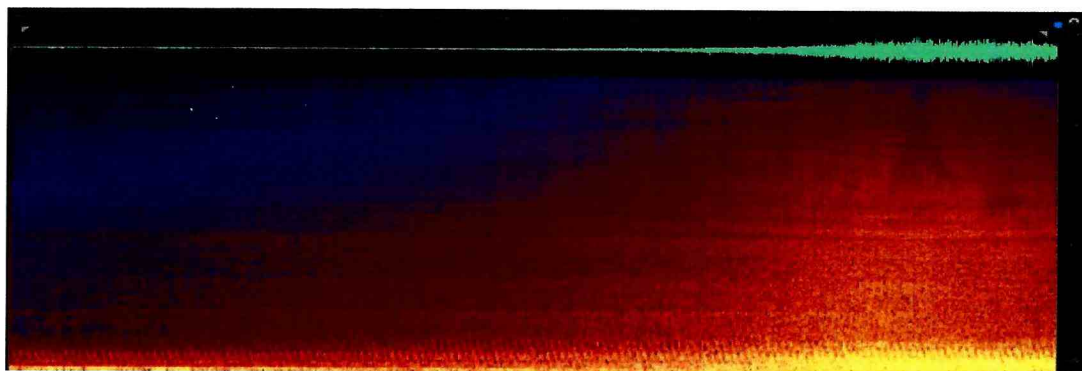


Figura V.4.4.3-2: Espectrograma de um arquivo gravado na LFI, a 50 m de profundidade.

Na Figura V.4.4.3-3, aparecem dois tipos de ruído no espectrograma, aparentemente provocados pela corrente oceânica. Um ruído de baixa frequência, até perto de 100 Hz, parecendo uma vibração, e um ruído de frequência mais alta, até perto de 2.000 Hz, parecendo uma fricção de alguma parte do sistema no hidrofone ou em algum objeto próximo.

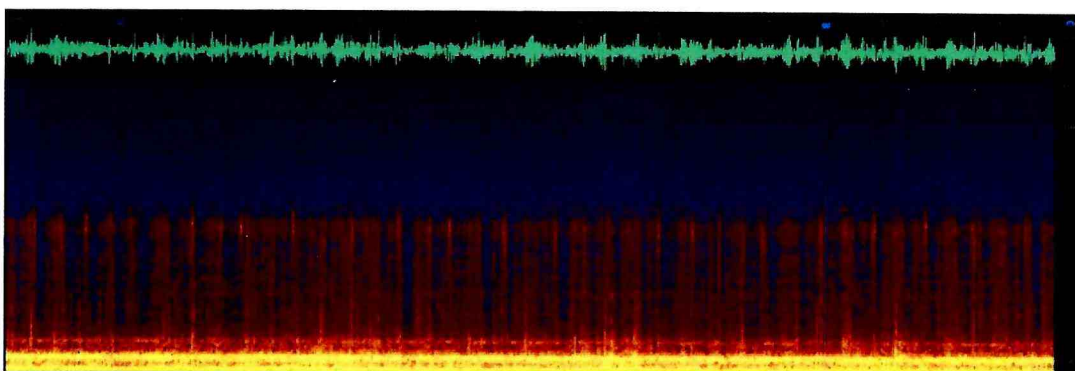


Figura V.4.4.3-3: Espectrograma de um arquivo gravado nas LFI, a 50 m de profundidade.

Na Figura V.4.4.3-4, nota-se um ruído de vibração que entra em ressonância em um dado momento. Este ruído ocupa uma faixa de frequência baixa, até perto de 100 Hz, até entrar em ressonância, quando esta faixa aumenta para até 1.000 Hz. Junto a esse sinal, aparece um ruído logo acima de 1.000 Hz, que permanece por todo o tempo, parecendo ser a fricção de objetos próximos ao sistema de medição acústica.

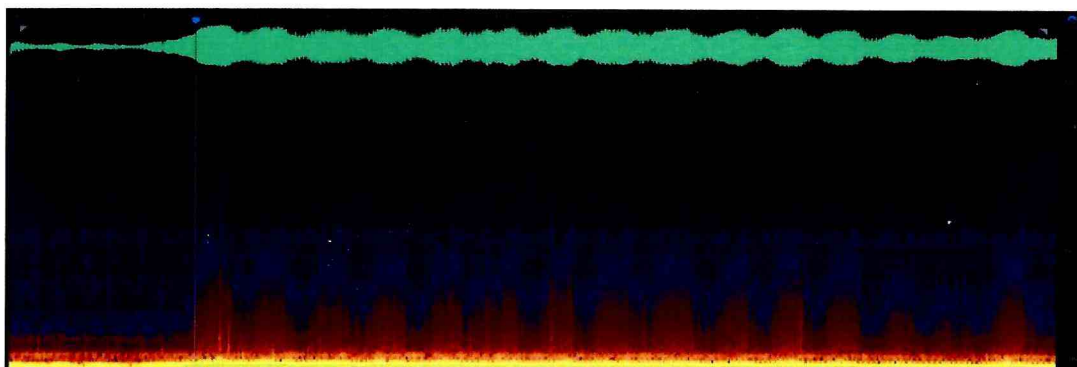


Figura V.4.4.3-4: Espectrograma de um arquivo gravado nas LFI, a 50 m de profundidade.

Na Figura V.4.4.3-5, aparece um ruído aparentemente de vibração, de baixa frequência, até 100 Hz, e um ruído de estalos, em torno de 2.000 Hz, que foram identificados no áudio como sendo, provavelmente, de origem biológica, mas sem que fosse possível a identificação do gerador do ruído.



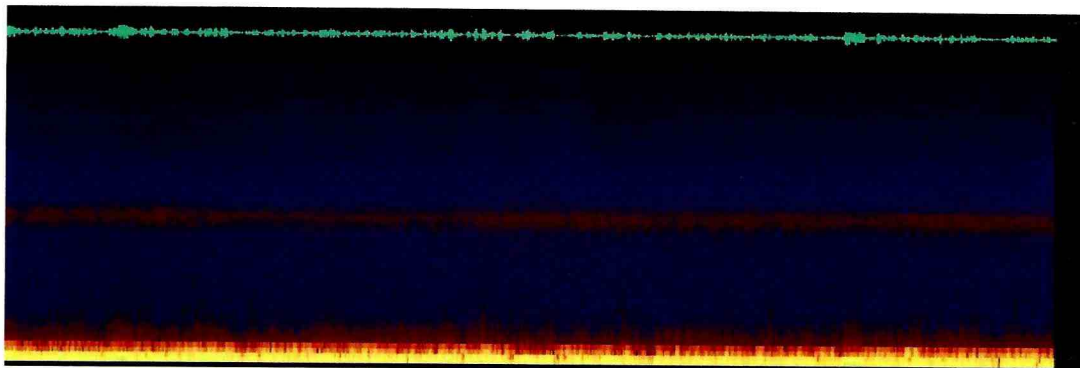


Figura V.4.4.3-5; Espectrograma de um arquivo gravado nas LFIs, a 50 m.

Os sinais apresentados como exemplos para as LFIs mostram que houve um comprometimento da gravação com o ruído provocado, possivelmente, pela alta intensidade da corrente oceânica passando pelas linhas. Em diversas situações, o sinal chegou mesmo a saturar, algo não esperado para os valores de sensibilidade e ganhos usados nos sistemas de medição. Uma análise mais detalhada deverá ser feita para definir um procedimento que permita selecionar qual parte dos dados já coletados não estão contaminados pelo ruído provocado pela passagem da corrente oceânica e quais ações deverão ser implementadas para evitar que este ruído continue comprometendo os sinais gravados.



*CB*

Coordenador da Equipe



*Wloay*

Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

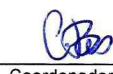
## VI SISTEMA DE MODELAGEM ACÚSTICA SUBMARINA

### VI.1 DESCRIÇÃO

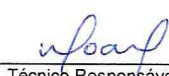
O Sistema de Modelagem Acústica Submarina é uma ferramenta para a previsão da paisagem sonora submarina baseada no sistema de identificação automática de navios (A/S), nos dados oceanográficos e em um modelo de propagação acústica baseado em modos normais. O objetivo é o desenvolvimento e implementação de um Modelo Computacional de Ruído Oceânico em um domínio tridimensional, englobando as principais bacias sedimentares marítimas brasileiras (Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo). Este sistema será validado e calibrado no futuro com dados acústicos medidos e processados, e tem por objetivo uma eventual redução das medições contínuas por longo prazo.

A região oceânica que deve ser objeto deste desenvolvimento inicial e validação do modelo computacional de ruído oceânico está compreendida entre as latitudes 19° S e 27° S, e longitude 38° W e a linha de costa sul-sudeste brasileira. O Sistema deve ser capaz de simular a propagação de fontes acústicas antrópicas, tais como o ruído irradiado por navios e plataformas de petróleo, assim como de fontes ambientais (ruído gerado pela ação de ventos e ondas de superfície). O efeito aditivo destes diversos fatores deve ser levado em consideração, como forma de gerar o campo mais fidedigno possível de ruído no interior do oceano.

Os documentos “*Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas*”, partes II e III, fornecem orientações importantes sobre o desenvolvimento, implementação, validação e calibração de modelos de ruído oceânico, citando inclusive exemplos de modelos desenvolvidos em águas territoriais de diversos países. Alguns produtos do Sistema de Modelagem Computacional de Ruído Oceânico deverão ser mapas de ruído oceânico por fontes antrópicas (navios, plataformas, etc) e ambientais (ondas, ventos) nas faixas de 63 Hz e 125 Hz das bandas de 1/3 oitava com caracterização do nível da pressão sonora (SPL – *Sound Pressure Level*, em dB ref 1 µPa) para as estações do ano: Verão (Janeiro, Fevereiro, Março), Outono (Abril, Maio, Junho), Inverno (Julho, Agosto,



Coordenador da Equipe



Técnico Responsável

2º Relatório  
TécnicoRevisão 00  
08/2018



Setembro), e Primavera (Outubro, Novembro, Dezembro). Posteriormente, serão gerados mapas mensais.

O parâmetro AIS processado fornece a posição de cada navio, assumindo a cavitação do hélice como a principal fonte de ruído e considerando que cada navio identificado apareça apenas uma vez dentro da janela de tempo. O ruído propagado por cada navio, dado pelo seu nível da fonte (*SL – Source Level*) nas frequências de 63 Hz e 125 Hz, é usado para calcular a resposta acústica no meio de propagação. O modelo de propagação acústica de modos normais KRAKEN calcula as perdas na transmissão (*TL – Transmission Loss*) em função dos parâmetros oceanográficos, com uma resolução angular de 6°, e o modelo FIELD as combina com o nível da fonte, a fim de obter o nível da pressão sonora em forma de um disco de 360° em torno de cada posição de fonte a uma determinada profundidade, para cada frequência. Os discos são combinados para formar um mapa de *SPL* instantâneo do ruído irradiado para profundidades pré determinadas numa grade espacial de 1/6° x 1/6°, o que corresponde a uma distância equivalente de 1 nm, ou 1.852 km.

## VI.2 RESULTADOS PRELIMINARES

A ferramenta está configurada para ser alimentada continuamente com dados AIS e condições oceanográficas e contém modelos e algoritmos matemáticos, integrados num programa confeccionado no software *Matlab®*, versão 2018 Este sistema deverá ser capaz de gerar mapas característicos sazonais e/ou mensais com a distribuição do ruído no domínio da simulação.

O Sistema preliminar que está instalado atualmente permite a geração de mapas instantâneos do ruído irradiado e está sendo testado para corrigir possíveis erros nos arquivos inseridos. Para seu funcionamento, os seguintes dados são usados:

- Dados AIS Utilização dos dados recebidos da Petrobras;
- Parâmetros Oceanográficos - Utilização de campos tri-dimensionais de temperatura e salinidade médios diários obtidos do modelo global Mercator Analysis, com 1/12 graus de resolução;



- Parâmetros Acústicos de Navios - As características acústicas de cada navio são definidas em função das suas dimensões e do tipo de carga;
- Tipo de Fundo e Subfundo - Fornecido pela Petrobras dados de faciologia de fundo com 1/12 graus de resolução.

As Figuras VI.2-1 a 3 mostram alguns resultados parciais de mapas de superfícies, referentes às datas e horas indicadas. Na Figura VI.2-1, é apresentado o mapa de ruído simulado para a profundidade de 50 m, considerando as condições de tráfego para o dia 31 de janeiro de 2016.

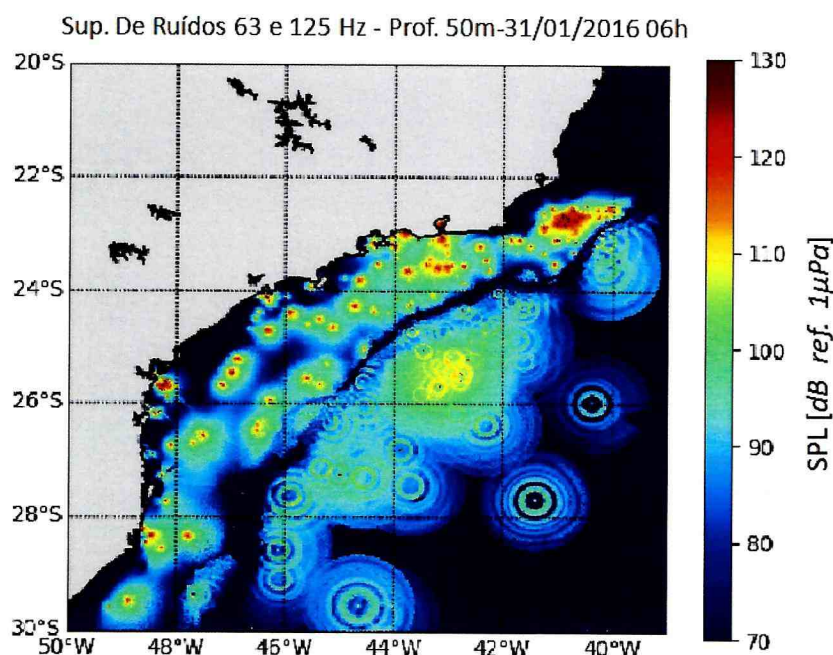


Figura VI.2-1: Simulação realizada para o dia 31 de janeiro de 2016, 50 m de profundidade

Na Figura VI.2-2, é apresentado o mapa de ruído simulado para a profundidade de 200 m, para o dia 31 de janeiro de 2016.

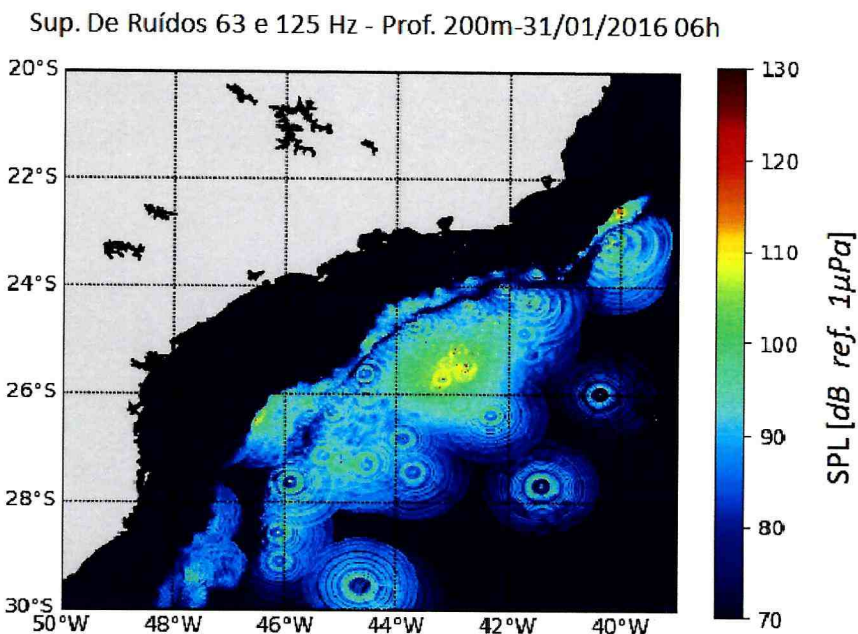


Figura VI.2-2: Simulação realizada para o dia 31 de janeiro de 2016, 200 m de profundidade.

Na Figura VI.2-3, é apresentado o mapa de ruído simulado para a profundidade de 100 m, para o dia 01 de janeiro de 2016.

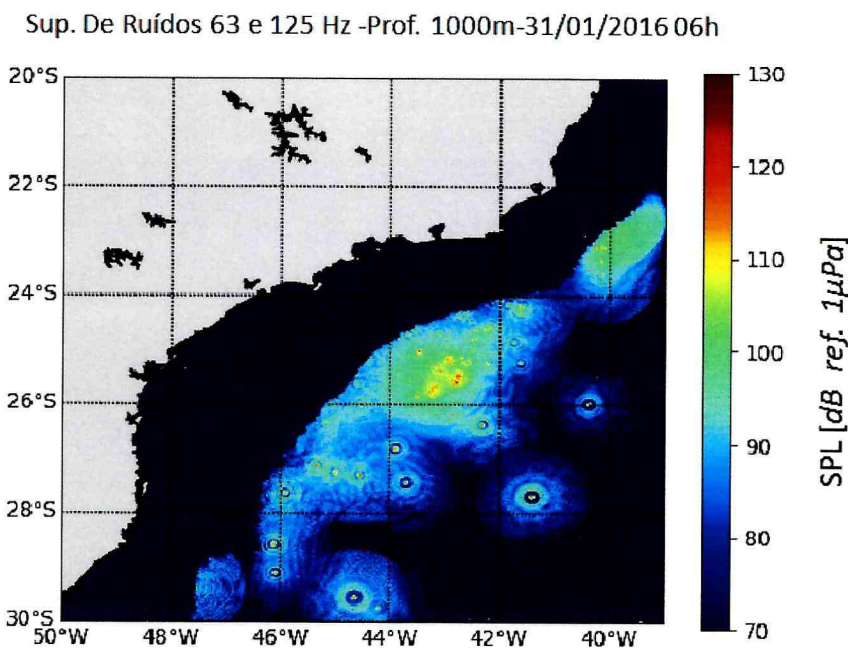


Figura VI.2-3: Simulação realizada para o dia 01 de janeiro de 2016, 200 m de profundidade.

## **VII CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **VII.1 PRINCIPAIS INFORMAÇÕES DO PERÍODO**

No período de 13 de novembro de 2015 a 31 de dezembro de 2017, foram recebidos, qualificados e armazenados 221.355 arquivos de dados acústicos, correspondendo a 18.105,7 horas de gravação para os *gliders* e OSs. Neste mesmo período, foram recebidos dados de 78 perfiladores, consistindo em 15.726 mergulhos com um total de 71.840 janelas gravadas.

Em relação às LFIs, foram recebidos e processados dados do período de 24 de setembro de 2017 a 22 de abril de 2018, correspondendo a 236.469 arquivos e 5.517,5 horas de gravação de quatro LFIs, sendo que neste relatório foram apresentados dados de duas destas linhas (LFI-FA02 e LFI-FA04).

Foram realizadas análises para a identificação de eventos importantes como flutuações com periodicidade diária e a identificação da contaminação de porção significativa dos dados observados pelas linhas de fundeio, por ruído próprio, por efeito de correntes.

Foi qualificada e colocada em operação a metodologia para a detecção de passagem de embarcações, resultando na detecção de 15.786 registros de embarcações, em 12.748,2 horas de gravação.

Está em fase de implantação o Sistema de Informação, que deverá permitir o acesso público aos dados processados e qualificados obtidos no PMPAS-BS.

Está em fase de testes o Sistema de Modelagem do Ruído Oceânico, que permite a criação de mapas do ruído ambiente na região da Bacia de Santos, a partir de informações batimétricas, oceanográficas e da presença de navios na região.

### **VII.2 MONITORAMENTO MÓVEL**

As medições do monitoramento acústico baseadas em plataformas móveis (*gliders* e perfiladores) estão detalhadas nas Seções V.3.1 e V.3.2. Os resultados das análises espaciais estão apresentados na Seção V.4.2, onde ficou evidente a boa cobertura obtida pelas trajetórias dos perfiladores e *gliders*, possibilitando



mapas dos níveis de pressão sonora (SPLs) em toda região geográfica da Bacia de Santos.

A Seção V.4.3 apresenta análises estatísticas com os dados acústicos medidos, permitindo inferir um acréscimo de ruído nas regiões próximas dos sistemas de produção e rotas preferenciais de navegação. Este acréscimo é mais evidente nas frequências mais baixas (bandas de 63 Hz e 125 Hz do espectro de 1/3 de oitava), onde o ruído de fontes antrópicas é dominante (antropofonia da Figura I.2-1). As frequências de 500 Hz e 1000 Hz apresentam uma distribuição mais uniforme de paisagem acústica por também estarem influenciadas por fontes ambientais de ruído, tais como efeito de ventos e ondas (geofonia da Figura I.2-1). Em realidade, a análise de variância (ANOVA) indicou que as regiões R2 de tráfego marítimo e R3 sem atividade de E&P se mostraram praticamente homogêneas para estas frequências de 500 Hz e 1000 Hz. Isto torna evidente que a análise da influência antrópica deve ser concentrada nas bandas de 63 Hz e 125 Hz, conforme preconizado no documento europeu Dekeling *et al.* (2014).

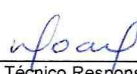
### VII.3 OBSERVATÓRIOS SUBMARINOS

As medições do monitoramento acústico baseadas em observatórios submarinos rasos (OSs) estão detalhadas na Seção V.3.3. Os resultados das análises temporais dos sinais gravados estão apresentados nas Seções V.4.1.1 e V.4.1.2, assim como a detecção de navios na Seção V.4.1.3. A Baía de Guanabara apresentou um número mais elevado de navios em relação à Baía de Ilha Grande e Canal de São Sebastião. Foram detectados ruídos de navios a serviço da PETROBRAS e de outras empresas, incluindo tráfego marítimo de lazer e turismo. Esta é uma questão em aberto, a ser avaliada em futuros relatórios, que permitam classificar qual a efetiva contribuição da PETROBRAS na entrada de baías e portos com intenso trânsito de navios mercantes e de outras finalidades e que não estejam ao seu serviço.

Uma futura contribuição dos sinais gravados nos OSs será a identificação do nível de ruído na fonte (**SL** = *Source Level*) de navios que serão modelados quando estiverem em trânsito na Bacia de Santos, conforme Capítulo VI do presente relatório.



Coordenador da Equipe



Técnico Responsável

2º Relatório  
TécnicoRevisão 00  
08/2018

## VII.4 LINHAS DE FUNDEIO INSTRUMENTADAS

As medições do monitoramento acústico baseadas em linhas de fundeio instrumentadas profundas (LFIs) estão detalhadas na Seção V.3.4. Os resultados da evolução temporal dos sinais gravados para dois fundeios (FA-02 e FA-04) estão apresentados na Seção V.4.1.5, pois os dados foram recentemente recuperados pela empresa responsável pelo serviço.

Os resultados dos níveis de pressão sonora (SPL) obtidos pelo processamento dos dados acústicos mostraram uma forte sensibilidade ao fluxo de correntes marinhas, conforme avaliado na Seção V.4.4.2. Ficou também evidente que existem problemas de vibração na linha de fundeio, investigados na Seção V.4.4.3, que podem estar sendo causados pelo efeito do perfil de correntes marinhas sobre toda a extensão da linha, causando vibração localizada de seus componentes (conexões, etc.) que geram ruídos captados pelos hidrofones. Na investigação do forte aumento do Nível de Pressão Sonora observado nas medições das linhas de fundeio em períodos de dias, foi constatada a alta correlação com o aumento da velocidade da corrente no local. A inspeção detalhada, inclusive de áudio, comprovou que o aumento é originado do ruído próprio da linha de fundeio sendo devido, provavelmente, aos métodos de fixação e conexão dos cabos e equipamentos.

Mesmo estando em uma região com menor nível de ruído antrópico, por estar fora das rotas preferenciais de navegação de serviço e de atividades de E&P, o fundeio FA-04 apresentou valores de SPL mais elevados em todas as profundidades de medição, quando comparados com o fundeio FA-02, que está localizada em uma região de desenvolvimento da produção com intensa rota de navegação. Este comportamento denota de forma objetiva o efeito das correntes marinhas mais elevadas na região do fundeio FA-04.

Este problema do ruído acústico gerado por escoamento hidrodinâmico passando no entorno de um hidrofone já vem sendo estudado por especialistas de acústica submarina, como os artigos pioneiros de Strasberg (1979, 1985). O ruído hidrodinâmico afeta principalmente as baixas frequências, mas pode contaminar frequências mais elevadas devido às vibrações de componentes da linha. No caso específico do equipamento acústico utilizado nas LFIs, a firma



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

contratada utilizou um tecido sintético em volta da armação de aço inox onde o hidrofone estava fixado para evitar o fluxo direto das correntes em volta do sensor, mas o nível de ruído gerado pelas correntes marinhas ainda foi claramente percebido pelo hidrofone. Este ruído hidrodinâmico gerado pelas correntes marinhas da Bacia de Santos, assim como as vibrações induzidas nas linhas de fundeio profundas, são fatores que poderão tornar praticamente inviável a utilização de suas medições acústicas para as finalidades do PMPAS-BS, por estarem afetando diversas bandas de frequências do espectro sonoro, incluindo as faixas associadas a fontes de ruído por navios e plataformas.

## VII.5 BIOFONIA

As medições realizadas com *gliders* como parte do monitoramento móvel demonstraram ser a metodologia mais adequada para detecção de ruídos de fontes biológicas (biofonia), conforme exemplos de registros acústicos apresentados na Seção V.4.1.4, onde foram claramente observados sinais de origem biológica.

O fato de o *glider* estar derivando com as correntes marinhas à medida que realiza seu mergulho atenua o efeito do ruído hidrodinâmico sobre o hidrofone, pois a velocidade relativa entre o fluido e o equipamento torna-se menor. A firma contratada passou a adotar velocidades de descida da ordem de 10 cm/s ou menores exatamente para atenuar ao máximo este ruído hidrodinâmico. Desta forma, torna-se mais fácil gravar e detectar ruídos de fontes biológicas, pois o sinal acústico de fundo não está contaminado pelo forte ruído de origem hidrodinâmica como ocorreu nas linhas de fundeio instrumentadas (LFIs).

Artigos da literatura especializada em bioacústica, como Klinck *et al* (2012), apresentam experimentos bem sucedidos de medições de ruídos de origem biológica utilizando *gliders*. A versatilidade de o equipamento estar se deslocando em mergulhos ao longo da coluna de água até 1000 metros, assim como estar utilizando uma extensa banda de frequência de amostragem, permite uma maior probabilidade de detecção de sinais da biota presente na região oceânica.



## VII.6 MODELAGEM DA PROPAGAÇÃO ACÚSTICA

Os resultados iniciais do desenvolvimento das ferramentas computacionais para modelagem da propagação acústica na região da Bacia de Santos e adjacências foram apresentados no Capítulo VI e são muito promissores. Estes modelos permitem a avaliação espacial e temporal do ruído ocasionado por diversas fontes antrópicas (navios a serviço de atividades de E&P, navios mercantes, plataformas, etc.) com uma extensa cobertura regional e já são utilizados em diversos outros programas internacionais de monitoramento da paisagem acústica, conforme Dekeling *et al.* (2014).

A validação dos resultados da modelagem acústica utilizando os dados acústicos medidos, particularmente da componente móvel (perfiladores e gliders), irá permitir uma avaliação da distribuição de ruído na Bacia de Santos, permitindo o uso integrado de modelagem e medições para otimização futura do projeto PMPAS-BS.

## VII.7 PERSPECTIVAS FUTURAS

Para o próximo período de atividades do PMPAS-BS, espera-se que sejam consolidados os procedimentos de aquisição, recebimento, verificação, processamento e qualificação dos dados obtidos pelos diversos sistemas de aquisição empregados. Ao mesmo tempo, deve ser finalizado o Sistema de Informações, denominado Sistema de Modelagem e Medições Acústicas Oceânicas - **SIMMAO** (apresentado nas Seções IV.2 e V.2.2), tornando operacional o portal para acesso público aos dados processados e qualificados do projeto.

Em paralelo a isto, o Sistema de Modelagem do Ruído Oceânico estará disponível para gerar mapas do ruído ambiente para uma determinada data, permitindo, em um futuro próximo, uma redução no esforço de aquisição de dados no mar. Os mapas gerados serão, também, disponibilizados no portal do Sistema de Informações **SIMMAO**.

Todos estes esforços e frentes de trabalho do Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina na Bacia de Santos (PMPAS-BS) representam um





experimento único em abrangência internacional, pois desconhecemos outro experimento que tenha colocado operacional em tão curto período de tempo distintos sistemas de medição acústica, tais como perfiladores, gliders, linhas de fundeio instrumentadas e observatórios submarinos. Todos estes sistemas realizam medições de forma diferente, incluindo frequências e bandas de amostragem, tipos de hidrofones, periodicidade de aquisição, etc. Os procedimentos de qualificação e análise dos distintos sistemas medidos não são triviais, e estão sendo perseguidos por uma equipe de especialistas em Acústica Submarina do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), com o objetivo de disponibilizar o melhor conjunto de dados para avaliação da paisagem acústica regional.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

## VIII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSI, 2004. Specification for Octave-Band and Fractional Octave-Band Analog and Digital Filters, American National Standards and Information (ANSI), Standard ANSI S1.11-2004.

Campbell, D.A., 2018, Estudo da paisagem acústica submarina na região do Arraial do Cabo, Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado, Programa associado de Biotecnologia Marinha, IEAPM/UFF.

Croux, C. & Dehon, C., 2013. Robust Estimation of Location and Scale, in Encyclopedia of Environmetrics.


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.

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 II: Monitoring Guidance Specifications, JRC Scientific and Policy Report.

Delarue, J., J. MacDonnell, K. Kowarski, B. Martin, X. Mouy, and D. Hannay. 2015. Northeastern Chukchi Sea Joint Acoustic Monitoring Program 2013–2014. JASCO Document #01023. Technical report by JASCO Applied Sciences for Shell Exploration & Production Company and ConocoPhillips Company.

Erbe, C., Verma, A., McCauley, R., Gavrilov, A., & Parnum, I., 2015. The marine soundscape of the Perth Canyon. Progress in Oceanography, 137, 38-51.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018

dos Santos, F. A., São Thiago, P. M., de Oliveira, A. L. S., Barmak, R., Lima, J. A. M., de Almeida, F. G. & Paula, T. P., 2016. A Análise do Ruído Interno e Hidrodinâmico (flow-noise) nos Registros Acústicos Coletados por *Gliders* Submarinos, XII ETAS, Rio de Janeiro – Brasil.

ISO 1996-1:2003(E), Acoustics – Description, Measurement, and Assessment of Environmental Noise – Part 1. Basic Quantities and Assessment Procedures, International Organization for Standardization, Geneva, 2003.

Klinck, K., D. K. Mellinger, K. Klinck, N. M. Bogue, J.C. Luby, W. A. Jump, G. B. Shilling, T. Litchendorf, A. S. Wood, G. S. Schorr, R. W. Baird, 2012. Near-Real-Time Acoustic Monitoring of Beaked Whales and Other Cetaceans Using a Seaglider™, PLoS ONE 7(5): e36128. doi:10.1371/journal.pone.0036128.

Krause, B.L., 1987, Bioacoustics, habitat ambience in ecological balance. *Whole Earth Rev* 57:14-18.

Jensen, F.B, Kuperman, W.A., Porter, M.B., Schmidt, H., 2011, *Computational Ocean Acoustics*. Springer, 793 pags.

Lima, J.A.M, Paula, T.P., 2017, Requisitos do sistema de processamento, armazenamento e consulta dos dados acústicos gerados pelo PMPAS-BS, CT TEO 024/2017 Rev A.

McDonald, M., Hildebrand, J.A., Wiggins, S.M., 2006, Increases in deep ocean ambient noise in the Northeast Pacific west of San Nicolas Island, California. *Journal of Acoustical Society of America*. Vol. 120 (2), pag 711-718.

Medwin, H., Clay, C.S., 1998, *Fundamentals of Acoustical Oceanography*, 1ed., USA, Academic Press.

Montgomery, D. C., Runger, G. C., 2003, “Applied Statistics and Probability for Engineers. Third Edition”, John Wiley & Sons, Inc.

Moreira, J.L.P., Madeira, C.V., Gil, J.A., Machado, M.A.P, 2007. Bacia de Santos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2):531-549.



NOAA, 2013, "Draft Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammals", Technical Report, 83 pags.

Pijanowski, B.C., Villanueva-Rivera, L.J., Dumyahn, S. L., Farina, A., Krause, B.L., Napoletano, B.M., Gage, S.H., Pieretti, N. Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape, *Bioscience*, 61:203-216.

PROOCEANO, 2017a. Relatório Técnico – Monitoramento Móvel por Meio de *Gliders* e Perfiladores Acústicos, Rev.00.

PROOCEANO, 2017b. Relatório Técnico – Análise de Flow Noise nos Dados Acústicos Coletados por *Gliders*, Rev.01.

Rochinha, A.C.B. 2015. Análise de dados oceanográficos oriundos do ProjetoAzul obtidos em uma radial no norte da Bacia de Santos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.

Ross, D., 1976, *Mechanics of Underwater Noise*. Pergamon Press, 382 pags.

Schafer, R.M., 1969, *The new soundscape: A Handbook for the Modern Music Teacher*. Canada, BMI, Don Hills.

Shafer, R.M., 1977, *Tuning of the World (The Soundscape)*. Knopf.

Soares-Filho, W., Relatório Técnico – **Qualificação de Dados – PABLO**, IPqM-RT-A2-002.1

Soares Filho, W., Barreira, L.M., Lima, J.A.M., Paula, T.P., Almeida, F.G. 2017. Evaluation of Data Measured by Acoustic Profilers on the Southeast Brazilian Continental Slope. Proceedings of the Rio Acoustics 2017 IEEE/OES Acoustics in Underwater Geosciences Symposium, Rio de Janeiro, Brasil. 4 pags.

Southworth, M., 1969. *The Sonic Environment of Cities*. Environment and Behavior, 1:49-70.



Strassberg. M., 1979. Nonacoustic noise interference in measurements of infrasonic ambient noise. The Journal of the Acoustical Society of America, 66(5), 1487-1493.

Strasberg, M. , 1985. Hydrodynamic Flow Noise in Hydrophones. Adaptive Methods in Underwater Acoustics, H. G. Urban (ed.), pp 125-143.

Urick, R.J., Principles of Underwater Sound, McGraw-Hill, New York, 1983.

Yau, C., 2013, "R Tutorial with Bayesian Statistics. Using OpenBUGS". E-book digital. Disponível em: <http://www.r-tutor.com>.



*CB*  
Coordenador da Equipe



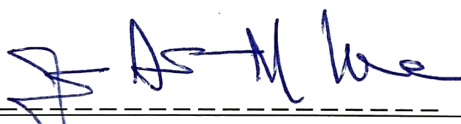

*ufcaif*  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018



## APÊNDICE A EQUIPE TÉCNICA

### A.1 PETROBRAS

Profissional	José Antonio Moreira Lima
Unidade de Negócios	CENPES/PDDP/TEO
Registro no Conselho de Classe	CREA/BA 16.501-D
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	6963083
Responsável pela(s) Seção(ões)	VII
Assinatura	
Profissional	Thiago Pires de Paula
Unidade de Negócios	CENPES/PDDP/TEO
Registro no Conselho de Classe	CREA/RJ 200920704-1
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	6964874
Responsável pela(s) Seção(ões)	VII
Assinatura	



**A.2 INSTITUTO DE PESQUISAS DA MARINHA (IPqM)**

Profissional	Cristiani Perrini Bodart
Empresa	IPqM
Registro no Conselho de Classe	7222416
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	CREA-RJ – 148.978-D
Responsável pela(s) Seção(ões)	Todas
Assinatura	 -----
Profissional	William Soares Filho
Empresa	IPqM
Registro no Conselho de Classe	CREA-RJ – 50,138-D
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	355491
Responsável pela(s) Seção(ões)	Todas
Assinatura	 -----

## APÊNDICE B PERFILADOR ACÚSTICO (PABLO)

### B.1 PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO

O sistema PABLO (do inglês, *Profiling Acoustic Buoyant Lagrangian Observing system float*) é um perfilador oceânico fabricado pela MetOcean Inc., concebido para adquirir dados acústicos em profundidades de até 1.000 m. Sua operação consiste em ciclos de descida, deriva submersa em uma profundidade de estacionamento, subida realizando janelas acústicas e transmissão de dados. Durante um ciclo de mergulho, até cinco profundidades são amostradas, como representado na Figura B.1-1. Ao fim do mergulho, o equipamento chega à superfície e sua localização é determinada através de um GPS. Por último, os dados armazenados são transmitidos pelo sistema de satélites Iridium.

Estes perfiladores não armazenam, de forma permanente, os dados obtidos em cada mergulho. Após a transmissão dos parâmetros calculados, junto com os dados complementares, ele remove estes dados de sua memória para se preparar para o próximo mergulho.

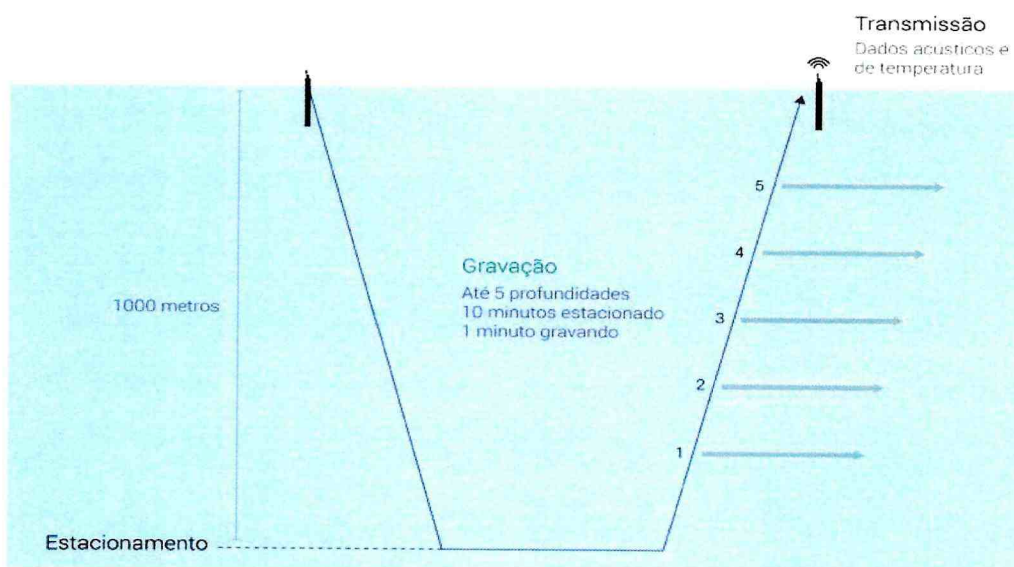


Figura B.1-1: Representação de um ciclo de mergulho de um perfilador PABLO  
(Fonte: ProOceano).





## B.2 AQUISIÇÃO DE DADOS ACÚSTICOS

O sistema de aquisição de dados acústicos dos PABLOS tem as seguintes características:

- Hidrofone M24-070 da GeoSpectrum;
- Sensibilidade do hidrofone: -165 dB re 1 V/ $\mu$ Pa;
- Resposta de frequência plana até 10 kHz (+/- 1 dB)
- Frequência de amostragem: 24 kHz; e
- Número de bits: 24.
- Sinal acústico não disponibilizado.

## B.3 PARÂMETROS ACÚSTICOS FORNECIDOS PELO EQUIPAMENTO

Para cada janela acústica realizada, o hidrofone presente no PABLO obtém 1 minuto de gravação. O próprio equipamento processa os dados e gera os parâmetros acústicos a serem enviados por satélite. Esse processamento consiste em dividir a gravação em 351 blocos de 170,7 ms, conforme a Figura B.3-1.

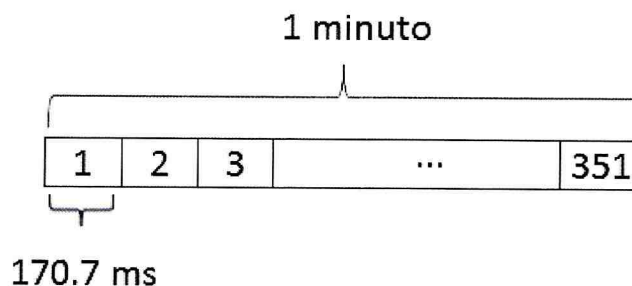


Figura B.3-1: Divisão do áudio obtido pelos PABLOS para cálculo dos parâmetros acústicos espectrais (Fonte: ProOceano).

Em cada bloco, são calculados a pressão RMS e um espectro de 1/3 de oitava. Os perfiladores não executam verificações de dados espúrios nos valores calculados.

Os parâmetros enviados pelos PABLOS são:

**SPL<sub>RMS</sub> médio (average SPL):** Média dos valores de RMS dos 351 blocos, convertida para dB;

**SPL<sub>Max</sub> (maximum SPL):** O valor máximo dos valores de RMS dos 351 blocos, convertido para dB;



**SPL<sub>pico-a-pico</sub> (peak-to-peak pressure level):** Diferença entre o maior (mais positivo) e o menor (mais negativo) valor da pressão acústica observada na janela, convertida para dB;

**Espectros de 1/3 de oitava dos percentis de 5%, 50% e 95%:** Esses espectros são obtidos a partir dos espectros de 1/3 de oitava do conjunto dos 351 blocos e indicam o valor de SPL<sub>RMS</sub>, para cada banda, que não é ultrapassado X% do tempo, onde X = [5, 50 ou 95] %.

**Espectros de 1/3 de oitava médios:** Esses espectros são obtidos a partir dos espectros do conjunto dos 351 blocos e indicam o valor de SPL<sub>RMS</sub> médio para cada banda de 1/3 de oitava.

#### **B.4 DADOS COMPLEMENTARES**

Em cada profundidade de aquisição de dados, o PABLO coleta, além dos dados acústicos, os valores de pressão e de temperatura. Além disso, os perfiladores foram programados para obter um perfil de temperatura em função da profundidade durante todo o percurso de subida.



## APÊNDICE C GLIDER

### C.1 PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO

Os *gliders* *SeaGlider*, fabricado pela empresa Kongsberg, são veículos submersíveis autônomos – VSA (AUV – *Autonomous Underwater Vehicles*), controlados remotamente por satélite, sendo capazes de mergulhar a profundidades de até 1.000 metros e seguir rotas programadas pelo usuário. Eles permitem a coleta contínua de dados oceanográficos de temperatura, condutividade e profundidade, com a utilização de um sensor de CTD (do inglês, *Conductivity, Temperature, Depth*). A navegação do Glider é feita usando sua capacidade de converter seu movimento vertical em deslocamento horizontal. O equipamento maneja sua trajetória na água alterando sua flutuabilidade, sua hidrodinâmica e controlando sua rolagem (*roll*) e arfagem (*pitch*), como mostrado na Figura C.1-1.

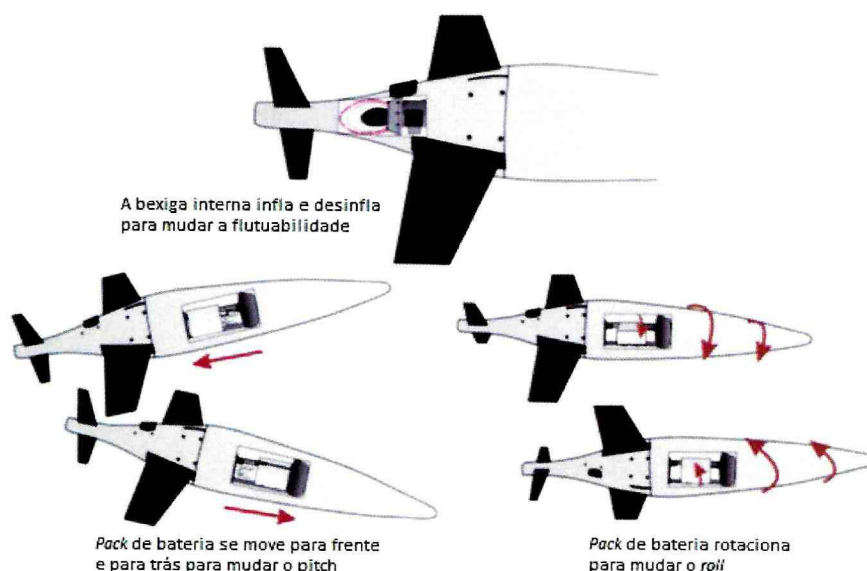


Figura C.1-1: Representação esquemática dos mecanismos de controle de flutuabilidade, arfagem e rolagem do *SeaGlider*. Retirado de Rochinha (2015). (Fonte: ProOceano).

Ao final de cada mergulho, o *glider* retorna à superfície e se comunica com sua base em terra via satélite, transmitindo os dados oceanográficos coletados e recebendo novos comandos de operação.

## C.2 AQUISIÇÃO DE DADOS ACÚSTICOS

A Figura C.2-1 apresenta, de forma esquemática, um mergulho do *glider* da forma como ele foi configurado para atuação no projeto PMPAS-BS. O *glider* possui um sistema de monitoramento acústico passivo (PAM, do inglês *Passive Acoustic Monitoring*) que é programado para adquirir os dados acústicos recebidos por um hidrofone. O PAM permanece ligado durante todo o período de descida, registrando em torno de 3 horas contínuas ao longo de um mergulho a 1.000 m. O registro é encerrado ao fim da descida e o PAM permanece desligado durante a subida do equipamento. Ao atingir a superfície, o *glider* transmite via satélite as informações de navegação do mergulho e os dados do CTD. Os arquivos de áudio são armazenados internamente e recuperados apenas ao final da campanha.

O sistema de aquisição dos *gliders* tem as seguintes características:

- Hidrofone HTI-91-WB da High Tech Inc.;
- Sensibilidade: -165 dB re 1 V/  $\mu$ Pa;
- Resposta de frequência plana até 30 kHz (+/- 2 dB)
- Frequência de amostragem: 125 kHz;
- Número de bits: 16 ou 24 bits.

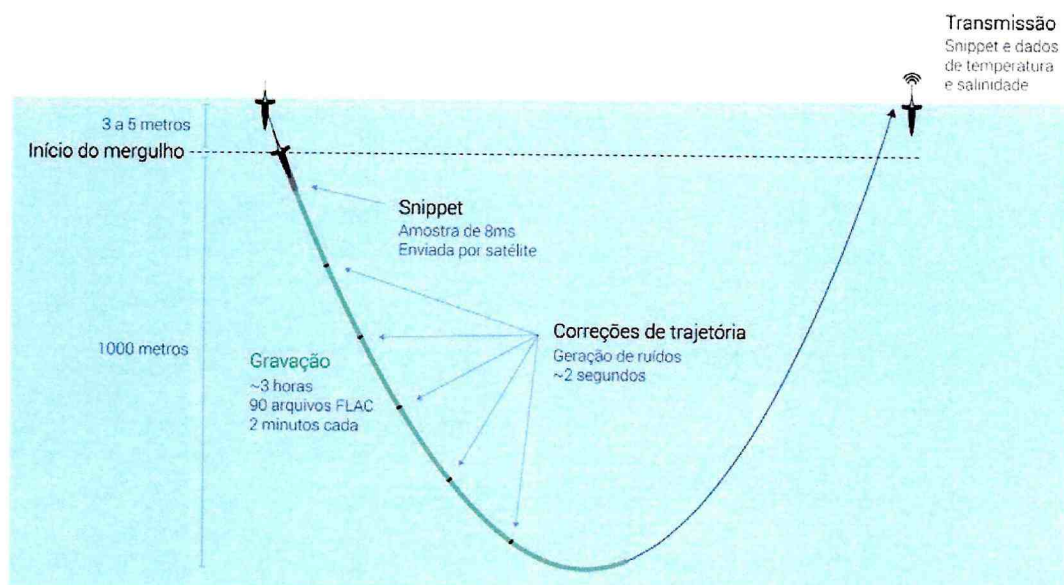


Figura C.2-1: Diagrama esquemático apresentando as etapas de um mergulho do *glider*. (Fonte: ProOceano).



### C.3 PARÂMETROS ACÚSTICOS FORNECIDOS PELO EQUIPAMENTO

Os *gliders* não calculam nenhum parâmetro a partir do sinal acústico, gravando os sinais recebidos pelo seu hidrofone em um disco rígido interno. Estes sinais são recuperados junto com o equipamento e são processados como descrito no Apêndice F.

### C.4 DADOS COMPLEMENTARES

Durante as campanhas, além dos dados acústicos, o *glider* coletou uma série de dados complementares com um CTD e um GPS. Os dados do CTD foram coletados durante toda a operação do *glider*, mesmo quando não eram realizadas gravações acústicas. Esses dados complementares foram disponibilizados no formato netCDF, sendo os principais os seguintes:

- Tempo e posição GPS do *glider* quando chega à superfície;
- Tempo de início e final de cada mergulho;
- Tempo, temperatura, pressão hidrostática, condutividade;
- Índice do tempo de início e final de cada mergulho;
- Salinidade e profundidade;
- Posição do *glider* a cada medição do CTD.

Alguns dos dados fornecidos junto com os dados complementares foram incluídos pela ProOceano, tendo sido derivados dos dados originais adquiridos pelo *glider*, sendo os principais os seguintes:

- Salinidade e profundidade;
- Posição do *glider* a cada medição do CTD.



## APÊNDICE D OBSERVATÓRIO SUBMARINO (OS)

### D.1 DESCRIÇÃO DO OCEANPOD

O OceanPod é um equipamento autônomo de gravação acústica submarina desenvolvido pelo Laboratório de Dinâmica e Instrumentação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de São Paulo (LADIN-USP). Cada unidade é equipada com um hidrofone, um circuito de condicionamento analógico e um conversor analógico-digital, controlado por um microprocessador. O equipamento tem as seguintes características, de acordo com o fabricante:

- Autonomia de 5 meses de gravação contínua com baterias alcalinas e de 12 meses com baterias de lítio (para as dimensões padrão);
- Possibilidade de gravação agendada;
- Quatro *slots* de cartões microSD de até 128 GB cada;
- Frequências de digitalização que pode ser especificada entre 4 e 48 kHz;
- Banda de frequência de hidrofone entre 5 Hz e 40 kHz;
- Resposta de frequência plana até 10 kHz;
- Sensibilidade de -200 a -150 dB 1 V/1 $\mu$ Pa;
- Profundidade de operação até 350 m;

O sistema de aquisição do OceanPod foi configurado com as seguintes características:

- Sensibilidade: -165 dB re 1 V/ $\mu$ Pa;
- Frequência de amostragem: 48 kHz;
- Número de bits: 16.

Na Figura D.1-1, é apresentado o OceanPod instalado na poita de um observatório submarino (equipamento à esquerda), junto a um ADCP (equipamento à direita).





Figura D.1-1: OceanPod (à esquerda) e ADCP (à direita) instalados na poita de um observatório submarino.

## D.2 DESCRIÇÃO DO SAASS\_MK1

Devido a problemas no fornecimento dos gravadores OceanPod, o IPqM iniciou o desenvolvimento de um gravador acústico autônomo. A primeira versão deste gravador, chamado de Sistema Autônomo de Aquisição de Sinais Submarinos (SAASS-MK1) foi desenvolvido utilizando um gravador de áudio comercial, modelo TASCAM DR-40, alimentado por baterias e instalado em um vaso mecânico semelhante ao usado pelo OceanPod. Este equipamento possui as seguintes características técnicas:

- Hidrofone Neptune;
- Frequência de amostragem: 48 kHz;
- Resposta de frequência plana até 20 kHz (+/- 2 dB);
- Número de bits: 16;
- Armazenamento: 1 cartão SDHC de 128 GBytes;
- Autonomia em gravações de 48 kHz/16 bits: 16,5 dias.

Considerando a limitação devida ao espaço reduzido de memória deste equipamento, o tempo estimado de utilização com gravação contínua foi de 15 dias. Em alguns ciclos, foi instalado um sistema de controle de gravação que permitiu a programação de gravações com uma duração predeterminada, seguida por um período de espera. Este procedimento foi utilizado, principalmente, no final do ano de 2017,



visando aumentar a autonomia do gravador, uma vez que não seria possível, neste período do ano, a sua recuperação.

### **D.3 DESCRIÇÃO DO SAASS\_MK2**

Nesta versão do SAASS, o gravador acústico foi projetado e desenvolvido no IPqM. O projeto consistiu em substituir o gravador TASCAM, utilizado na versão SAASS\_MK1, por um sistema de aquisição de dados com maior autonomia. O objetivo do desenvolvimento foi tornar disponível um equipamento em que suas características pudessem ser adequadas às necessidades do projeto. O SAASS\_MK2 tem as seguintes características técnicas:

- Hidrofone construído no IPqM;
- Frequência de amostragem: 96 kHz;
- Resposta de frequência plana até 20 kHz;
- Número de bits: 16;
- Armazenamento: 4 cartões SDHC de 128 GBytes;
- Autonomia em gravações de 48 kHz/16 bits: 66 dias.



  
Coordenador da Equipe



  
Técnico Responsável

2º Relatório  
Técnico

Revisão 00  
08/2018



## APÊNDICE E LINHA DE FUNDEIO INSTRUMENTADA (LFI)

### E.1 DESCRIÇÃO DO AMAR-G3

O equipamento AMAR-G3 (*Autonomous Multichannel Acoustic Recorder*) é um gravador acústico autônomo fabricado pela empresa JASCO Applied Sciences. O equipamento tem as seguintes características:

- Possibilidade de gravação agendada;
- Capacidade de até 1.792 GBytes de gravação;
- Até 8 canais de 24 bits com frequência de digitalização até 128 kHz;
- Um canal de 16 bits de alta velocidade, até 687,5 kHz;
- Profundidade de operação até 250 m, no modo Standard e até 2.500 m no modo Deep;
- Dimensões de 16,5 cm de diâmetro e 56,2 cm de altura;
- Opções de 9, 48, 96 ou 144 baterias alcalinas tamanho D;
- Tempo de gravação de até um ano;
- Ganho ajustável de 0 a 42 dB;
- Dez canais para medições oceanográficas.

O gravador acústico é equipado com um hidrofone modelo M14-V20-370 ou M36-V35-100, da GeoSpectrum. O modelo M14-V20-370 possui as seguintes características:

- Faixa de frequência: 10 Hz a 32 kHz;
- Pré-amplificação embutida de 20 dB;
- Resposta de frequência plana até 40 kHz (+/- 2 dB).

Já o modelo M36-V35-100 tem as seguintes características:

- Faixa de frequência 25 Hz a 60 kHz;
- Pré-amplificação embutida de 35 dB
- Resposta de frequência plana até 30 kHz (+/- 2 dB).

Na Figura E.1-1, é mostrado o equipamento AMAR-G3.



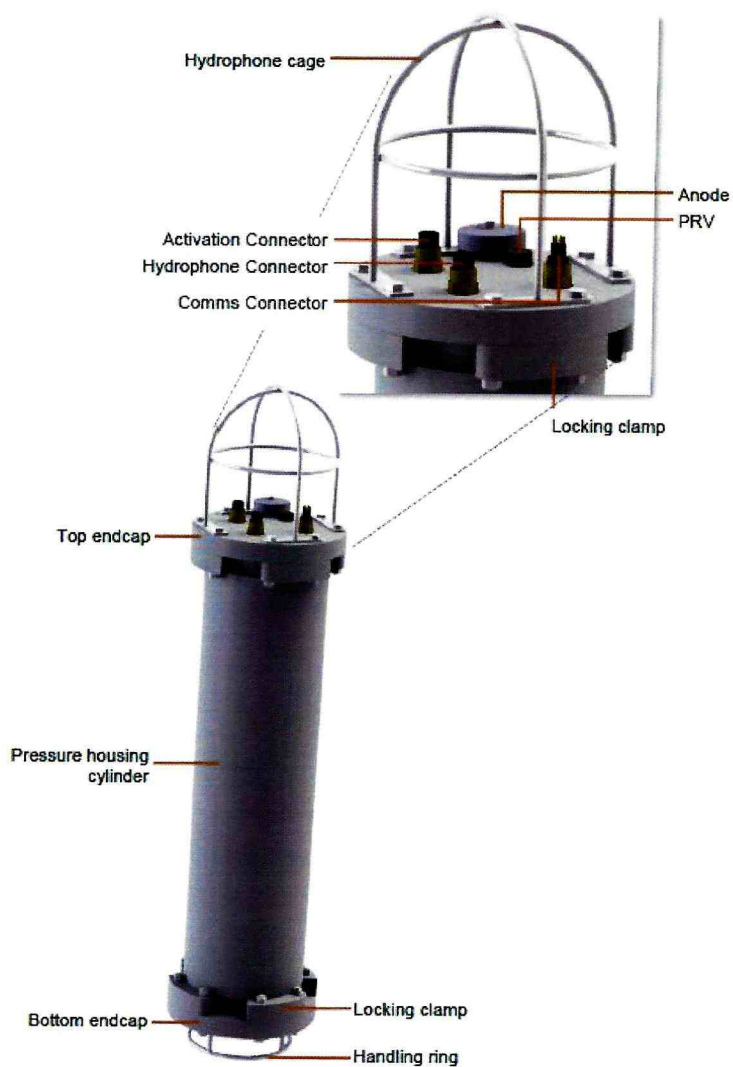


Figura E.1-1: Gravador acústico AMAR-G3, mostrando seus conectores e plugs. (Fonte: JASCO)

## APÊNDICE F PROCESSAMENTO DE DADOS ACÚSTICOS

Nesta seção, serão apresentados os procedimentos de processamento iniciando com um arquivo de áudio gravado pelos equipamentos. Os detalhes específicos de cada equipamento foram apresentados nos Apêndices B, C, D e E.

### F.1 EQUALIZAÇÃO DOS SINAIS

Os sinais acústicos recebidos são processados para se obter a pressão acústica correspondente na face do hidrofone. Para isto, os dados gravados são equalizados para corrigir as distorções e transformações provocadas pelo hidrofone, pelo pré-amplificador e pelo conversor analógico-digital. O resultado desta fase inicial é uma série temporal de pressão acústica, em  $\mu\text{Pa}$ , que será usada para o cálculo dos parâmetros acústicos, que são o resultado final de interesse no processamento.

### F.2 PARÂMETROS ACÚSTICOS

Os sinais acústicos equalizados são processados para a obtenção de diversos parâmetros espectrais, que são usados para caracterizar o ruído acústico no local da medição. O procedimento utilizado foi adaptado do processamento utilizado em um experimento de medição acústica no Alasca, denominado *Chucki Sea Experiment*, com a contribuição de várias companhias de petróleo, e com objetivos similares aos do PMPAS-BS [Delarue *et al.*, 2015]. Isto permite a padronização dos procedimentos de processamento dos sinais e qualificação dos parâmetros espectrais obtidos nos Perfiladores, *gliders*, OSs e LFIs, facilitando esta fase das atividades e permitindo a comparação dos dados dos diversos sistemas de aquisição de sinais acústicos com projetos similares no mundo.

Os sinais acústicos são analisados para a obtenção de parâmetros espectrais a cada trecho de um minuto de gravação. Estes trechos são divididos em blocos de análise, sendo em número de 120 para os *gliders*, OSs e LFIs e de 351 para os perfiladores PABLO. Na Figura F.2-1, é apresentado um diagrama da subdivisão do sinal para os perfiladores PABLO e na Figura F.2-2, o diagrama para os demais sistemas de aquisição.

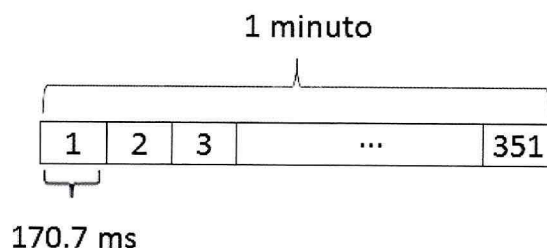


Figura F.2-1: Divisão do áudio obtido pelos PABLOs para cálculo dos parâmetros acústicos espectrais (Fonte: ProOceano).

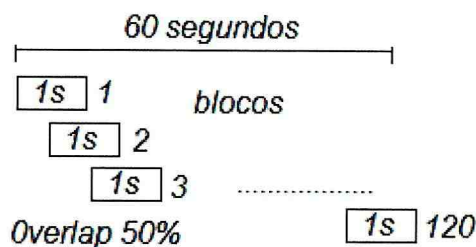


Figura F.2-2: Divisão do sinal de áudio para cálculo dos parâmetros acústicos espectrais dos gliders, OSs e LFIs.

Em cada bloco, são calculados a pressão RMS e um espectro de 1/3 de oitava. A partir destes dados, os seguintes parâmetros são calculados:

- SPL<sub>RMS</sub> médio (average SPL):** Média dos valores de RMS dos 120 blocos, convertida para dB;
- SPL<sub>RMS\_pico</sub> (peak RMS level):** O maior valor RMS dos 120 blocos, convertido para dB;
- SPL<sub>pico-a-pico</sub> (peak-to-peak pressure level):** Diferença entre o maior (mais positivo) e o menor (mais negativo) valor da pressão acústica observada na janela, convertida para dB;
- Espectros de 1/3 de oitava dos percentis de 5%, 50% e 95%:** Esses espectros são obtidos a partir dos espectros de 1/3 de oitava do conjunto dos 120 blocos e indicam o valor de SPL<sub>RMS</sub>, para cada banda, que não é ultrapassado X% do tempo, onde X = [5, 50 ou 95]%;

- (e) **Espectros de 1/3 de oitava médios:** Esses espectros são obtidos a partir dos espectros do conjunto dos 120 blocos e indicam o valor de  $SPL_{RMS}$  médio para cada banda de 1/3 de oitava;
- (f) **Densidade espectral de potência média:** A densidade espectral média dos 120 blocos, em unidade de dB re 1  $\mu Pa^2/Hz$ , com resolução de 1 Hz até a frequência de corte do equipamento ( $f_c = f_s / 2$ ).

Para facilitar a comparação entre os parâmetros das letras (a), (b) e (c) com aqueles apresentados nas letras (d) e (e), calcula-se, para cada espectro de potência apresentado, o valor RMS total correspondente, usando-se a equação:

$$SPL_{total} = 10 \log_{10} \left( \sum 10^{SPL_{esp}(i)/10} \right), i = 1, \dots, 30$$

onde  $SPL_{total}$  é o SPL total para o espectro.

Usando-se esta fórmula, são calculados parâmetros de SPL totais para os espectros das letras (d) e (e).

### F.3 QUALIFICAÇÃO DOS SINAIS

Durante a medição do ruído ambiente acústico, é possível que ocorram ruídos espúrios gerados por fontes outras, como por exemplo, o ruído do próprio sistema de medição (ruído próprio), o ruído de fontes impulsivas, ou situações como saturação ou níveis muito baixos de sinal. A identificação de trechos com possíveis problemas na gravação possibilitará sua remoção do processo de análise dos dados obtidos, resultando em uma análise mais confiável.

A qualificação dos sinais é o processo que permite validar um sinal acústico, removendo os trechos que possam conter algum tipo de contaminação que não devam ser considerados como ruído ambiente. Este é o caso, por exemplo, dos trechos das gravações acústicas feitas pelo *glider* onde o seu motor ou sua bomba hidráulica estão ligados.

A qualificação dos sinais de cada minuto de gravação foi feita fazendo-se uma análise estatística dos seguintes parâmetros:



1.  $SPL_{Med}$  : obtido como descrito na letra a;
2.  $SPL_{Max}$  : obtido como descrito na letra b;
3.  $SPL_{pico-a-pico}$  : obtido como descrito na letra c;
4.  $SPL_{esp\_5p}$  : obtidos dos espectros do percentil de 5% da letra d;
5.  $SPL_{esp\_50p}$  : obtidos dos espectros do percentil de 50% da letra d;
6.  $SPL_{esp\_95p}$  : obtidos dos espectros do percentil de 95% da letra d;
7.  $SPL_{esp\_med}$  : obtidos dos espectros médios da letra e.

Dos sete parâmetros de SPL calculados, o  $SPL_{esp\_50p}$  é o mais robusto à presença de interferências, uma vez que ele é calculado a partir de um espectro formado usando-se as medianas de cada filtro dos espectros de 1/3 de oitava dos blocos de sinais. A mediana é uma estimativa do valor médio, robusta à presença de valores extremos, chamados *outliers*.

A forma usada para a detecção de valores extremos (*outliers*) é analisar a diferença, em dB, dos parâmetros  $SPL_{xxx}$  para o parâmetro  $SPL_{esp\_50p}$ , ou seja:

$$SLP_{Dif\_xxx} = SPL_{xxx} - SPL_{esp\_50p}$$

Os parâmetros analisados ( $SPL_{Dif\_xxx}$ ) são:

- $SPL_{Dif\_Med} = SPL_{Med} - SPL_{esp\_50p}$ ;
- $SPL_{Dif\_Max} = SPL_{Max} - SPL_{esp\_50p}$ ;
- $SPL_{Dif\_pico-a-pico} = SPL_{pico-a-pico} - SPL_{esp\_50p}$ ;
- $SPL_{Dif\_esp\_5p} = SPL_{esp\_5p} - SPL_{esp\_50p}$ ;
- $SPL_{Dif\_esp\_95p} = SPL_{esp\_95p} - SPL_{esp\_50p}$ ;
- $SPL_{Dif\_esp\_med} = SPL_{esp\_med} - SPL_{esp\_50p}$ ;

A Figura F.3-1 mostra os histogramas para as diferenças dos parâmetros,  $SPL_{Dif\_xxx}$ , usando-se, como exemplo, os dados dos cinco primeiros ciclos de aquisição dos perfiladores. Os histogramas são unimodais, o que facilita a identificação de *outliers* definindo-se limiares em torno das distribuições, além dos quais, o parâmetro será considerado como *outlier* e será descartado. O histograma correspondente ao parâmetro



$SPL_{esp\_5p}$  tem sua escala horizontal inversa, quando comparado com o comportamento dos outros parâmetros.

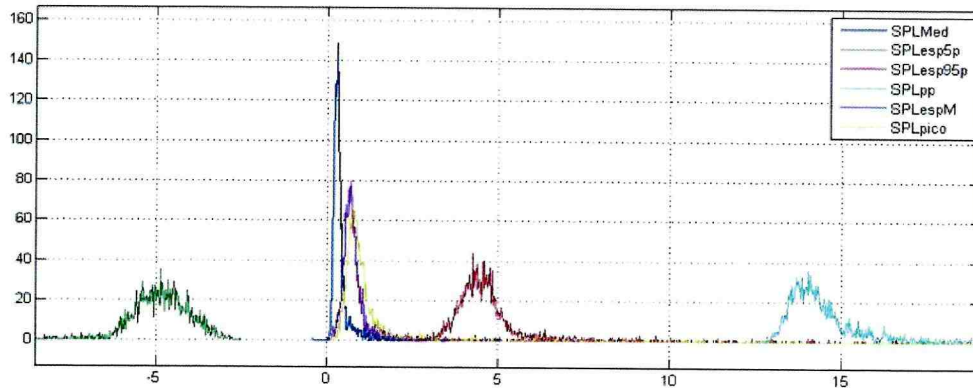


Figura F.3-1: Histogramas para as diferenças, em dB, entre os parâmetros  $SPL_{xxx}$  e o parâmetro  $SPL_{esp\_50p}$ .

A Tabela F.3-1 mostra a média, o desvio padrão, a mediana e a mediana do desvio absoluto mediano ( $MAD = median\ absolute\ deviation$ ) para as seis distribuições apresentadas, onde o desvio absoluto mediano é uma estimativa do desvio padrão, mais robusta à presença de *outliers*, dada por [CROUX, 2013]:

$$MAD(x) = 1,4826 * mediana(abs(x - mediana(x)))$$

Os histogramas das diferenças  $SPL_{Dif\_xxx}$  foram normalizados diminuindo-se, para cada um deles, sua mediana e em seguida dividindo-se pelo seu MAD:

$$SPL_{Norm\_xxx} = [SPL_{Dif\_xxx} - mediana(SPL_{Dif\_xxx})] / MAD(SPL_{Dif\_xxx})$$

Esta normalização permite que os histogramas sejam representados em torno de um mesmo centro e com as amplitudes dos parâmetros normalizadas pelos desvios MAD dos respectivos parâmetros.

Tabela F.3-1: Valores da média, mediana, desvio padrão e desvio absoluto mediano (MAD) para as diferenças  $SPL_{Dif\_xxx}$ , em dB.

	Média ( $media_{Dif\_xxx}$ )	Mediana ( $mediana_{Dif\_xxx}$ )	Desvio Padrão ( $desvio_{Dif\_xxx}$ )	Mediana do Desvio Absoluto (MAD $_{Dif\_xxx}$ )
$SPL_{Dif\_Med}$	12,330	12,374	2,910	2,810
$SPL_{Dif\_Max}$	25,135	24,754	4,079	2,727
$SPL_{Dif\_pico-a-pico}$	30,373	30,373	3,869	2,686
$SPL_{Dif\_esp\_5p}$	-5,737	-5,822	0,816	0,856
$SPL_{Dif\_esp\_95p}$	5,061	5,082	0,659	0,535
$SPL_{Dif\_esp\_med}$	1,165	1,058	1,000	0,238

A Figura F.3-2 mostra os histogramas dos parâmetros  $SPL_{Dif\_xxx}$  após a remoção da mediana de cada um deles e com a amplitude normalizada pela mediana do desvio absoluto (escala horizontal). O histograma para o parâmetro  $SPL_{Norm\_esp\_5p}$  teve sua escala horizontal invertida para acompanhar o mesmo comportamento dos outros parâmetros.

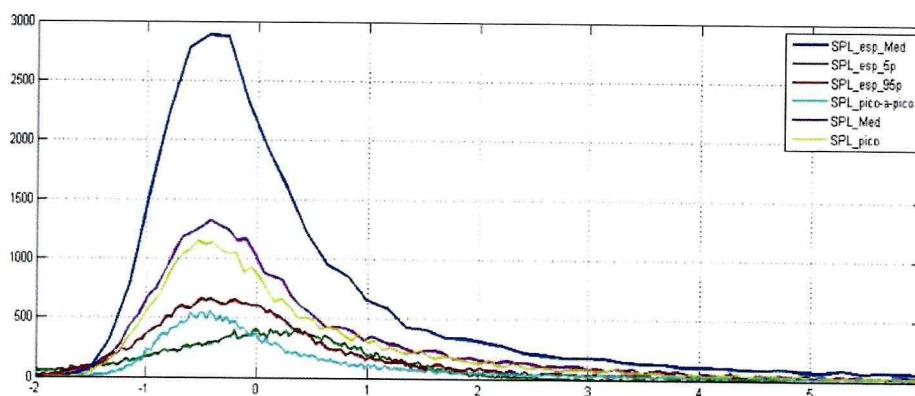


Figura F.3-2: Histogramas dos parâmetros  $SPL_{Norm\_xxx}$ . O histograma para o parâmetro  $SPL_{Norm\_esp\_5p}$  foi invertido para acompanhar o comportamento dos outros parâmetros.

Uma forma adequada de se utilizar as informações dos histogramas para a identificação de *outliers* é a definição de limiares, selecionando as regiões de menor concentração dos parâmetros como dados espúrios, ou *outliers*. A partir dos histogramas, pode-se estimar a função de distribuição acumulada dos parâmetros, na qual se representa o percentual de parâmetros que são menores do que um dado valor. A Figura F.3-3 mostra a distribuição acumulada dos parâmetros normalizados,  $SPL_{Norm\_xxx}$ . A



escala horizontal representa a amplitude normalizada pelo MAD. Na distribuição acumulada, pode-se selecionar um limiar considerando o percentual de medições que se quer aceitar, sendo que as medições cujos parâmetros fiquem acima deste limiar serão consideradas como *outliers* e serão descartadas dos processamentos seguintes. As medições que forem descartadas poderão ser usadas posteriormente, caso se definam outros critérios para qualificá-las.

Como exemplo, a seleção de um limiar de 2 desvios MAD na Figura F.3-3 qualificará 95% das medições para o processamento, considerando os outros 5% das medições como *outliers*.

O critério de qualificação inicial será garantir que todos os parâmetros fiquem abaixo do limiar selecionado. As medições consideradas *outliers* neste processo serão, a princípio, descartadas dos processamentos posteriores, não sendo usadas nas análises estatísticas subsequentes. Trabalhos futuros mais minuciosos poderão definir novos critérios de qualificação que possibilitem a reintegração de parte destes *outliers*, reduzindo o percentual das medições descartadas.

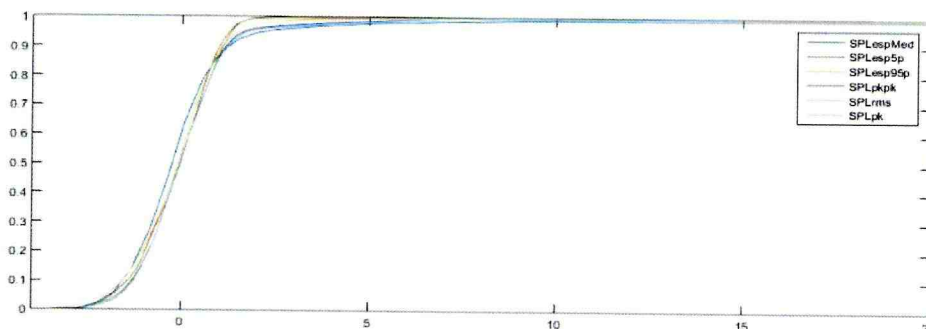


Figura F.3-3: Distribuição acumulada dos parâmetros  $SPL_{Norm\_XXX}$ . A escala horizontal representa, para cada parâmetro  $SPL_{Diff\_XXX}$ , o número de desvios  $MAD_{Diff\_XXX}$  em torno da sua mediana  $Median_{Diff\_XXX}$ .

## F.4 DETECÇÃO DE EVENTOS

O objetivo principal do projeto PMPAS-BS é o monitoramento da paisagem acústica na região da Bacia de Santos, ou seja, acompanhar a evolução do ruído ambiente no decorrer do tempo. Desta forma, se torna necessário identificar nas gravações os trechos com ruídos provocados por outras fontes que não possam ser consideradas como ruído ambiente, tais como:

- Ruído dos próprios sistemas de aquisição;
  - Ruídos internos do sistema;
  - Ruído de fluxo;
- Ruído de fontes acústicas identificáveis, próximas do sistema de aquisição;
  - Ruído de embarcações próximas;
  - Ruídos biológicos próximos.

Neste item, são descritos os procedimentos utilizados nos sistemas de aquisição em uso no PMPAS-BS para a identificação e remoção dos ruídos citados acima. Os trechos detectados como ruídos dos próprios sistemas devem ser descartados dos processamentos posteriores.

Os trechos detectados como ruídos de embarcações ou ruídos biológicos, embora também não devam fazer parte dos processamentos para a obtenção do ruído ambiente, devem ser analisados. Os ruídos de embarcações serão analisados para a obtenção do nível de ruído irradiado pelas embarcações, a ser usado no modelo de ruído ambiente do projeto. Os ruídos biológicos serão analisados para a identificação dos animais marinhos presentes no meio oceânico, trabalho este a ser realizado pela equipe do Projeto de Monitoramento de Cetáceos (PMC).

#### **F.4.1 RUÍDO PRÓPRIO - GLIDER**

O *glider*, durante sua operação, aciona de tempos em tempos os motores de controle de atitude (rolamento e arfagem) e a bomba hidráulica usada no enchimento e esvaziamento de uma bexiga de flutuabilidade do *glider*. Na Figura F.4.1-1, são mostrados exemplos dos espectros dos ruídos mencionados.





## F.4.2 RUÍDO DE FLUXO - GLIDER

Durante seu mergulho, a velocidade do *glider* pode ser controlada por meio do enchimento e esvaziamento de uma bexiga de flutuabilidade. O movimento do *glider* pelo meio, provoca flutuações no fluxo do líquido em torno dele que pode ser captado pelo hidrofone como um ruído acústico.

Durante a 5ª Campanha de coleta de dados, realizada com o *glider* SG612 entre 06 e 15 de agosto de 2016, a ProOceano realizou alguns testes para verificar a influência desta velocidade no ruído medido. Foram realizados mergulhos em que o *glider* foi operado em modo de repouso em seu apogeu, permanecendo à deriva por cerca de 30 minutos nas profundidades de 200, 500 e 950 metros. A velocidade de mergulho variou entre 10 e 20 cm/s. Os relatórios das referências PROOCEANO, (2017b) e IPQM, (2017b) analisaram estes dados para verificar a influência do ruído de fluxo devido ao movimento do *glider* no sinal acústico medido pelo seu hidrofone.

Para a ProOceano, as análises sugerem uma correlação do ruído de fluxo nos registros acústicos e a velocidade do *glider* na coluna d'água, sendo observada em velocidades superiores a 10 cm/s e em frequências abaixo de 40 Hz.

Na análise do IPqM, da mesma forma, foi verificada a influência do ruído de fluxo nos registros acústicos, principalmente em baixas frequências e para as velocidades superiores a 10 cm/s. No entanto, foi observado, também, a influência no ruído em frequências mais altas, quando se usa a velocidade em torno de 20 cm/s.

Tanto para a ProOceano, quanto para o IPqM, a utilização dos *gliders* para a coleta de registros acústicos utilizando velocidade de descida em torno de 10 cm/s não modifica significativamente os níveis medidos, quando comparado com o *glider* à deriva e com velocidade de descida em torno de 0 cm/s, devendo ser usada sempre que for feita a gravação do sinal acústico. As gravações realizadas pelos *gliders* a partir da 5ª Campanha foram todas realizadas com velocidade de descida em torno de 10 cm/s.

A Figura F.4.2-1 apresenta um histograma da velocidade vertical do *glider* durante o teste. A partir dos resultados obtidos neste teste, definiu-se que no processo de qualificação sejam consideradas válidas apenas as medições nas quais a velocidade de descida estimada para o *glider* fiquem abaixo de 14 cm/s.



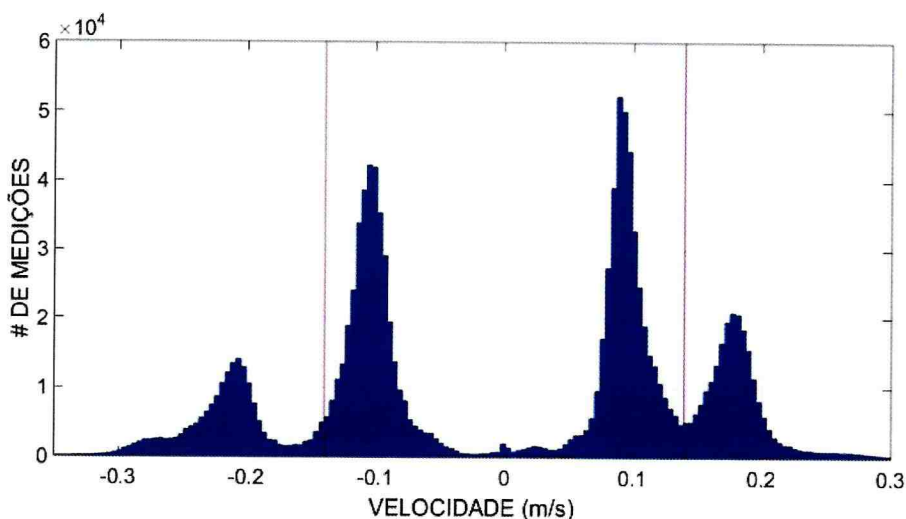


Figura F.4.2-1: Histograma da velocidade vertical do glider no teste de ruído de fluxo. As linhas verticais vermelhas delimitam as velocidades menores que 14 cm/s ( $-0,14 \text{ m/s} < v < 0,14 \text{ m/s}$ ).

### F.4.3 DETECÇÃO DA PASSAGEM DE EMBARCAÇÕES

Um dos objetivos principais dos observatórios submarinos é a obtenção do nível da fonte (**SL = Source Level**) de navios da Petrobras e de terceiros que trafegarem próximo aos OS. Os SL destes navios serão usados nos modelos para a construção de mapas geográficos com níveis de ruído na Bacia de Santos. A Figura F.4.3-1 mostra o sinal captado no OS da Baía de Guanabara durante a passagem de um navio, podendo-se observar a elevação dos níveis do sinal acústico.

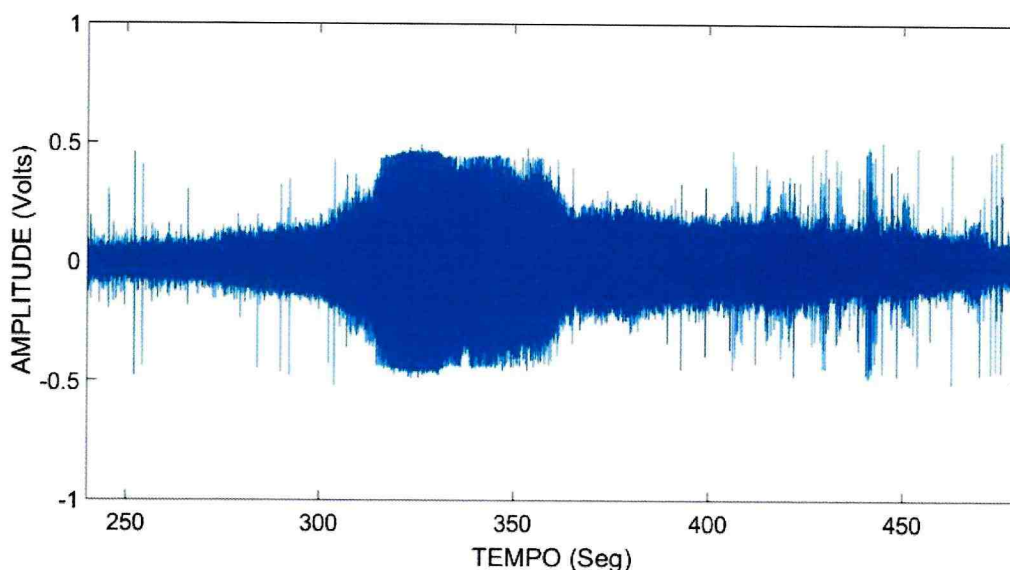


Figura F.4.3-1: Exemplo do sinal acústico durante a passagem de uma embarcação por um OS.

Para a detecção do ruído irradiado por embarcações, calcula-se a energia em janelas de um segundo, na banda de 40 a 3.000 Hz e compara-se esta energia com a energia média do sinal, calculada em uma janela maior, de uma hora. Uma detecção é obtida quando a energia na janela menor fica pelo menos 1,5dB acima da energia média da janela maior e no máximo 5 dB abaixo na energia máxima na banda analisada.

Para a obtenção dos níveis da fonte para uma embarcação, é necessário que o ruído produzido por ele seja significativamente maior do que os níveis do ruído ambiente no local, sendo um aumento igual ou maior que 10 dB um valor adequado. A Figura F.4.3-2 mostra espectros do sinal recebido pelo hidrofone, obtidos antes e durante a passagem de um navio. Pode-se observar que, para este navio, ocorreu um aumento maior que 10 dB na faixa de frequência de 40 Hz até 4 kHz, sendo possível obter seu SL nesta faixa de frequência. Para a obtenção do SL, é necessário se estimar a distância do navio ao OS, sendo utilizados os dados de AIS obtidos para a região.

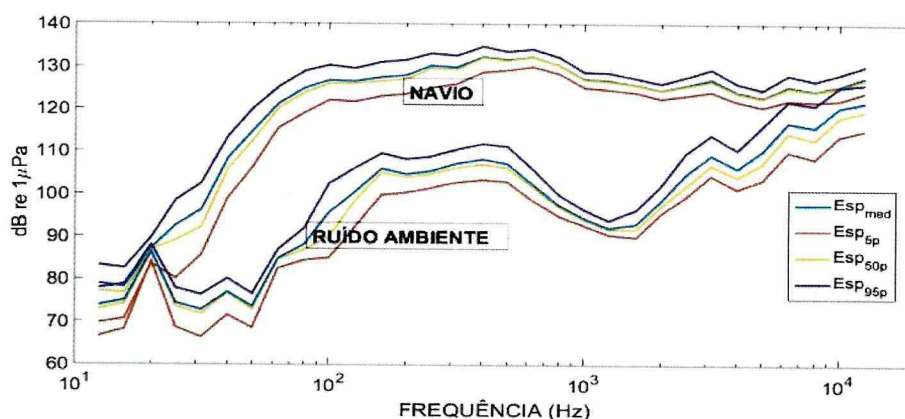


Figura F.4.3-2: Espectros do ruído recebido por um OS antes e durante a passagem de uma embarcação.

#### F.4.3.1 PROCESSAMENTO DO RUÍDO IRRADIADO

Quando o ruído recebido na face do hidrofone durante a passagem da embarcação for mais que 10dB acima do ruído sem a presença da embarcação, o trecho correspondente a esta passagem será arquivado para a obtenção do nível da fonte (SL) desta embarcação e para uma análise mais detalhada. Esta análise envolve a busca da correspondência desta passagem com informações disponíveis a partir do AIS, obtendo-se:

- Identificação da embarcação;
- Distância da embarcação no trecho analisado;
- Rumo e velocidade da embarcação no trecho analisado.

Caso seja possível obter estas informações no AIS, deve-se avaliar se o movimento da embarcação durante a passagem pelo hidrofone é estável, sem mudanças significativas de rumo e velocidade. Para as embarcações que atendam este requisito, os seguintes parâmetros serão armazenados na base de dados do PMPAS:

- Identificação da embarcação;
- Espectro de 1/3 de oitava representando o SL calculado;
- Trechos do espectro de 1/3 de oitava com informação de SL válida;
- Data e hora do ponto usado para a obtenção do SL;
- Distância da embarcação ao hidrofone no ponto de maior aproximação (PMA) ou no ponto que será usado para a obtenção do nível da fonte (SL) da embarcação;

- Rumo e velocidade da embarcação no trecho analisado;
- Nome do arquivo com o trecho do sinal acústico;
- Data e hora do início do sinal no arquivo;
- Duração do arquivo.

#### **F.4.4 DETECÇÃO DE VOCALIZAÇÃO DE ANIMAIS MARINHOS**

Os sinais acústicos são analisados usando-se detectores para a busca de sinais de origem biológica, usando-se duas escalas de frequências diferentes. Os parâmetros de duração e frequência usados em cada configuração dos detectores foram escolhidos baseados na literatura como em Bittencourt *et al.*, (2017) sobre sons digitais da fauna marinha. Usou-se detectores com espectrogramas de 512 pontos, com janela de Hanning e sobreposição de 50% para a busca de sinais tonais e de sons pulsados acima de 2 kHz, que representam as frequências e durações típicas dos sinais produzidos pelos delfínidos.

A seguir, as gravações foram decimadas para a frequência de amostragem de 6 kHz, de forma que se pudesse buscar por sons produzidos por baleias e peixes. Para estes detectores, foram usados espectrogramas com 512 pontos, com janela de Hanning e sobreposição de 75%. A relação sinal ruído mínima para a detecção foi de 5 dB para todos os detectores. A Tabela F.4.4-1 mostra os parâmetros para uso nos detectores. Após a consolidação da metodologia a ser usada para a detecção, serão desenvolvidos programas específicos que possam agilizar o processo.





Tabela F.4.4-1: Parâmetros dos detectores usados para a pesquisa por sinais biológicos.

Detector	Parâmetros	Limite de frequência do espectrograma	Tipos de sons
Det1	Frequência mínima:	8 kHz	Assobios e sons pulsados
	Frequência máxima:	22 kHz	
	Duração mínima:	60 ms	
	Duração máxima:	900 ms	
	Separação mínima:	50 ms	
Det2	Frequência mínima:	2 kHz	Assobios e sons pulsados
	Frequência máxima:	7 kHz	
	Duração mínima:	60 ms	
	Duração máxima:	900 ms	
	Separação mínima:	50 ms	
Det3	Frequência mínima:	15 kHz	Cliques de ecolocalização
	Frequência máxima:	24 kHz	
	Duração mínima:	5 ms	
	Duração máxima:	10 ms	
	Separação mínima:	10 ms	
Det4	Frequência mínima:	50 Hz	Tons e sons pulsados
	Frequência máxima:	300 Hz	
	Duração mínima:	200 ms	
	Duração máxima:	600 ms	
	Separação mínima:	300 ms	
Det5	Frequência mínima:	300 Hz	Tons e sons pulsados
	Frequência máxima:	800 Hz	
	Duração mínima:	100 ms	
	Duração máxima:	600 ms	
	Separação mínima:	100 ms	

Para os trechos com detecções, os seguintes parâmetros serão armazenados na base de dados do PMPAS:

- Data e hora da detecção;
- Detectores responsáveis pela detecção;
- Tipo de sinal detectado;
- Nome do arquivo com trecho do sinal detectado;
- Data e hora do início do sinal no arquivo;
- Duração do sinal no arquivo.

Os trechos com detecção serão recortados e colocados à disposição da equipe do Projeto de Monitoramento de Cetáceos.

