

## 7 – ÁREA DE INFLUÊNCIA DA ATIVIDADE

A Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 3D nos Blocos S-M-1037, S-M-1101, S-M-1102, S-M-1165 e S-M-1166 na Bacia de Santos está prevista para ser realizada de fevereiro a março de 2017. A atividade se caracteriza por deslocamentos constantes (não fixa), temporária e executada em aproximadamente 40 dias, totalmente dentro do polígono licenciado.

A **Área de Pesquisa Sísmica**, onde ocorrerão os disparos da fonte sísmica em potência máxima de operação, totalizando um polígono de 1.321km<sup>2</sup>. As linhas de pesquisa sísmica serão executadas no sentido leste/oeste (E/W).

A **Área de Manobra**, necessária para manobra do navio sísmico durante a saída de cada linha e retorno à outra linha, onde ocorrerão os disparos da fonte sísmica em potência mínima, teste de canhões ou aumento gradual, se estende ortogonalmente a costa de Santos até Itajaí, totalizando um polígono com área de 3.775km<sup>2</sup>. Nesta área, a menor profundidade é de 150 metros e a menor distância da costa é de 181km.

Na área de manobra, antes de se iniciar cada linha sísmica, será adotado o procedimento de aumento gradual da intensidade do pulso sísmico (“soft start”), ao ligar e religar os canhões de ar (“air-guns”), além do procedimento alternativo para operação noturna ou baixa visibilidade com a utilização de um único canhão de ar (menor potência) ativo (“single gun”) e eventuais testes de calibração da fonte sísmica (“bubble test e gun test”).

A **Rota de Navegação** corresponde a rota de navegação entre a área da atividade e a base de apoio para os portos de Santos/SP e Itajaí/SC.

A navegação das embarcações será por rota alternativa, se sobrepondo parcialmente à navegação de cabotagem, minimizando a interferência com a navegação de cabotagem e/ou de longo curso, salvo nas áreas de balizamento náutico para acesso às instalações portuárias, onde são apoiadas por pilotos (prática) de cada porto.

A rota de navegação foi sugerida de forma a reduzir a distância, o tempo de navegação e dispêndio de energia de transporte, bem como redução de riscos de acidente nas operações por choque/abalroamento de embarcações e incidência de poluição ambiental por hidrocarbonetos.

O navio sísmico contará com o suporte de uma embarcação de apoio e uma embarcação assistente para operarem durante toda a atividade, com a finalidade de mitigar interferências com outras embarcações que estejam operando na área e evitar acidentes. As atividades de trânsito eventual (uma ou duas vezes por mês) das embarcações transportando suprimentos, resíduos gerados pela atividade e pessoal, entre a área de pesquisa sísmica e os portos estão contidas na área de influência da atividade. Durante a navegação para o porto ou deslocamentos fora da área da atividade, não haverá nenhuma atividade de registro, gravação ou disparos da fonte sísmica.

Durante o deslocamento do navio sísmico para a área da pesquisa sísmica será necessário iniciar o procedimento de lançamento de cabos sismográficos e arranjo sísmico. Ressalta-se que este procedimento será feito em águas profundas e afastadas da costa e não será efetuado nenhum disparo da fonte sísmica.

Os limites da Área de influência da Atividade, ou seja, a abrangência geográfica dos impactos potenciais e efetivos que a Pesquisa Sísmica pode acarretar aos meios físicos, biótico e socioeconômico, foram determinados seguindo as diretrizes do Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA N° 013/2016 para a elaboração de Estudo de Ambiental de Sísmica para a Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 3D nos Blocos S-M-1037, S-M-1101, S-M-1102, S-M-1165 e S-M-1166, Bacia de Santos.

Os critérios para a definição da Área de Influência da Atividade foram:

- (i) o impacto da emissão sonora sobre o meio biótico;
- (ii) a interferência com as atividades pesqueira e turística;
- (iii) a área onde há restrições à navegação e à realização de outras atividades; e
- (iv) as rotas das embarcações utilizadas durante a atividade até as bases de apoio, incluindo os próprios portos ou terminais.

Os limites da Área de Influência (AI) relativos ao impacto sonoro sobre o meio biótico foram determinados a partir da modelagem de decaimento da energia sonora para o arranjo de canhões de ar a ser utilizado, considerando como critério conservativo os níveis estimados de reação dos grupos mais sensíveis da fauna local aos disparos dos canhões de ar.

Os limites da Área de Influência relativos ao meio socioeconômico foram determinados considerando os municípios onde as comunidades realizam de forma expressiva a atividade de pesca na área de pesquisa sísmica.

Os municípios de Guarujá, Santos, São Vicente, Praia Grande, Navegantes e Itajaí, representam a Área de Influência da Atividade de Pesquisa Sísmica, por apresentarem proximidade aos terminais marítimos de Santos/SP ou Itajaí/SC, onde serão realizadas as atividades de apoio e abastecimento às embarcações envolvidas na atividade de pesquisa sísmica. Nesses municípios há a possibilidade de encontro de pescadores artesanais com quaisquer embarcações (longo curso, cabotagem, turismo náutico e apoio marítimo a atividades de exploração e produção de petróleo) que faça uso dos terminais portuários presentes na região.

A definição dos municípios levou em consideração uma análise integrada da região considerando:

A) as características da distribuição das áreas de pesca tradicionais utilizadas pela frota artesanal e as características das modalidades de pesca realizadas com possibilidade de sobreposição com a área da atividade de pesquisa sísmica;

B) a dinâmica da frota de cada município baseada nas informações oriundas: i) projetos de diagnóstico socioeconômicos, realizados no âmbito do licenciamento ambiental de outras atividades de exploração e produção de petróleo na região; e, ii) de projetos de monitoramento de desembarque pesqueiro realizados no âmbito do licenciamento ambiental de outras atividades de exploração e produção de petróleo na região.

### 7.1. MODELAGEM DE DECAIMENTO DA ENERGIA SONORA

O meio que é impactado diretamente e com maior intensidade pela atividade, é o biológico, pelas interferências que as ondas sonoras produzidas pelos canhões de ar e as configurações de aparatos e equipamentos, utilizados para a coleta de dados, têm na fauna marinha.



Quantificar o decaimento do sinal sonoro, desde a fonte produtora até os possíveis receptores possibilita estabelecer os limites de impacto da atividade de Pesquisa Sísmica sobre a biota associada às áreas costeiras, principalmente sobre os mamíferos marinhos devido à alta acuidade auditiva.

A PGS utilizará o arranjo de canhões de ar 4130T\_2500 do tipo BOLT 1900 LLXT que possui um volume de 4.130 polegadas cúbicas e pressão de disparos de 2500 psi. O arranjo será posicionado a 7 metros (+/-1,0m) de profundidade. Para fins de caracterização do arranjo e modelagem de decaimento sonoro, encontra-se apresentado no **Anexo 2.2** deste EAS o arranjo 4130T\_080\_2500\_080, incluindo: a configuração geométrica do arranjo, os parâmetros de configuração do arranjo, a assinatura da fonte (far-field) na vertical (0° ângulo e 0° azimute) e na horizontal (90° ângulo e 90° azimute), a máxima amplitude pico-a-pico e os espectros de amplitudes.

Este arranjo é uma das opções de configuração das fontes sísmicas utilizadas pela PGS e se assemelha as condições solicitadas pelo cliente para o levantamento em questão. Todas as assinaturas, análises e gráficos foram gerados com o “Marine Source Modeling” versão 5.3.1 do programa “Nucleus Seismic Analysis”, versão 6.5.7. Uma série de perfis de amplitude foi gerada para avaliar a taxa à qual a pressão ao redor do arranjo decai com a distância. Como os perfis foram gerados em imagem bidimensional, pode-se observar o decaimento da energia sonora no sentido vertical e no sentido horizontal. Estes perfis foram gerados em termos de amplitude pico-a-pico no tempo dominante e em termos de amplitude absoluta máxima na frequência dominante.

Foram gerados vários perfis para examinar o decaimento da pressão na profundidade de 200 metros: um perfil longitudinal (“inline”) estendendo a 200 metros para frente e para trás do arranjo; um perfil vertical transversal (“crossline”) estendendo 200 metros em qualquer lado do arranjo; e um perfil de plano de fundo horizontal (“depth plane”) na profundidade de 200 metros abaixo do arranjo.

No entorno da fonte a amplitude pico-a-pico é de 235dB *re* 1  $\mu$ Pa a 1m. Este sinal sonoro decai cerca de 75dB na distância de 200 metros para frente e para trás e para lateral do centro do arranjo, alcançando a amplitude pico-a-pico de 160dB *re* 1  $\mu$ Pa. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal decai cerca de 65dB alcançando a amplitude pico-a-pico de 170dB *re* 1  $\mu$ Pa na profundidade de 200 metros.

No entorno da fonte a amplitude absoluta máxima é de 200dB *re* 1  $\mu$ Pa/Hz a 1 metro. Este sinal sonoro decai cerca de 60dB na distância de 200 metros para frente e para trás e para lateral do centro do arranjo, alcançando a amplitude absoluta máxima de 140dB *re* 1  $\mu$ Pa/Hz. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal decai cerca de 32dB, alcançando a amplitude absoluta máxima de 168dB *re* 1  $\mu$ Pa na profundidade de 200 metros.

Com a finalidade de verificar a amplitude sonora que alcança o limite da zona de segurança para cetáceos e quelônios na distância de 500 metros da fonte sísmica, foram gerados os mesmos perfis apresentados anteriormente considerando esta distância de 500 metros na modelagem.

No entorno da fonte a amplitude pico-a-pico é de 224dB *re* 1  $\mu$ Pa a 1m. Este sinal sonoro decai cerca de 64dB na distância de 500 metros para frente e para trás e para lateral do centro do arranjo, alcançando a amplitude pico-a-pico de 160dB *re* 1  $\mu$ Pa. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal decai cerca de 61,5dB, alcançando a amplitude pico-a-pico de 162,5dB *re* 1  $\mu$ Pa na profundidade de 500 metros. Na distância horizontal de 500 metros na superfície do mar, que corresponde a zona de segurança para cetáceos e quelônios, a amplitude pico-a-pico decai 64 dB, o que corresponde a 160dB *re* 1  $\mu$ Pa.

No entorno da fonte a amplitude absoluta máxima é de 200dB *re* 1  $\mu$ Pa/Hz a 1m. Este sinal sonoro decai cerca de 60dB na distância de 500m para frente e para trás e para lateral do centro do arranjo, alcançando a amplitude absoluta máxima de 140dB *re* 1  $\mu$ Pa/Hz. Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal decai cerca de 40dB, alcançando a amplitude absoluta máxima de 160dB *re* 1  $\mu$ Pa na profundidade de 500m. Na distância horizontal de 500m na superfície do mar, que corresponde a zona de segurança para cetáceos e quelônios, a amplitude absoluta máxima decai 60dB, o que corresponde a 140dB *re* 1  $\mu$ Pa.

## 7.2. FATORES AMBIENTAIS CONSIDERADOS PARA DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA SOBRE O MEIO BIÓTICO

Uma das maiores preocupações com respeito à poluição sonora, de uns anos para cá, vem sendo a introdução de altos níveis de ruído de origem antrópica no ambiente marinho e os efeitos dele provenientes sobre a biota, principalmente sobre organismos alta acuidade auditiva, tais como os cetáceos (GOOLD & FISH, 1998). Acredita-se que o aumento do ruído poderia ocasionar desde o bloqueio das emissões sonoras de comunicação de baleias e golfinhos até danos fisiológicos aos sistemas sensoriais e a órgãos internos. As atividades de pesquisa sísmica marítimas costumam ser identificadas como um perigo potencial.

Todos os mamíferos marinhos podem produzir sons em diversos contextos importantes. Eles usam o som nas interações sociais, bem como para forrageamento, orientação e resposta a predadores. Interferência nestas funções decorrentes dos efeitos do ruído na audição e/ou comportamento tem o potencial de interferir com taxas vitais.

Um grupo de especialistas em pesquisa sobre acústica comportamental, fisiológica e física realizou uma revisão na literatura sobre a audição de mamíferos marinhos e sobre as respostas fisiológicas e comportamentais ao som antropogênico, e propor critérios de exposição para certos efeitos (SOUTHALL *et al.*, 2007).

Duas categorias de efeitos foram consideradas pelos autores: (1) lesão/injúria e (2) perturbação comportamental. Os critérios propostos para o início desses efeitos foram ainda separados de acordo com as capacidades auditivas funcionais de diferentes grupos de mamíferos marinhos, e de acordo com as diferentes categorias de sons antropogênicos.

Espécies de cetáceos e pinípedes foram atribuídas como um dos cinco grupos funcionais auditivos funcionais com base em psicofísica comportamental, audiometria potencial, morfologia auditiva, e (para pinípedes) do meio em que eles ouvem. Cetáceos e pinípedes são separados com base filogenética e diferenças funcionais (REYNOLDS & ROMMEL, 1999 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007). Cada grupo de audição funcional (com base no RICE, 1998 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007) são apresentadas na Tabela 7.2.1a.

De um modo geral, os animais não ouvem igualmente bem em todas as frequências dentro da sua faixa auditiva funcional. Ponderação é um método quantitativo da compensação para a frequência de resposta diferencial dos sistemas sensoriais. Funções de frequência de ponderação generalizadas foram obtidas para cada grupo de audição funcional de mamíferos marinhos utilizando princípios humanos de frequência de ponderação-paradigmas, com ajustes para as diferentes faixas de audição dos grupos de mamíferos marinhos diversos.

Alguns estudos apresentam resultados sobre reação comportamental à determinada faixa de frequência e amplitude sonora que possibilita a inferência sobre qual intensidade do som induziria determinado efeito. O impacto físico pode variar de perda auditiva temporária à perda auditiva permanente. Considerando que o pulso sísmico é direcionado para o solo, sua energia máxima será abaixo do arranjo. Para que um efeito físico

ocorra, o animal terá que estar posicionado muito próximo da fonte (dentro de uma faixa de uns dez metros do arranjo). Uma zona que será preferivelmente evitada pelos próprios mamíferos marinhos. O procedimento de aumento gradual da fonte sísmica (“soft start”) tem a finalidade de mitigar este efeito. O nível de pressão do som acima de 180 dB re: 1  $\mu$ Pa rms tem sido considerado como critério conservativo de potencial risco de dano auditivo em mamíferos marinhos (MMS, 2004).

**Tabela 7.2.1a** - Grupos funcionais de audição para mamíferos marinhos, largura de banda auditiva, gêneros representativos de cada grupo e grupos específicos (M) de frequência de ponderação (modificado SOUTHALL et al., 2007).

Grupo funcional da audição	Largura de banda auditiva estimada	Gêneros representativos (Número de espécies/subespécies)	(M) de frequência de ponderação ((M) frequency-weightings)
Cetáceos de baixa frequência	7 Hz a 22 kHz	<i>Balaena, Caperea, Eschrichtius, Megaptera, Balaenoptera</i> (13 espécies/subespécies)	Mlf (lf: low-frequency cetacean)
Cetáceos de média frequência	150 Hz a 160 kHz	<i>Steno, Sousa, Sotalia, Tursiops, Stenella, Delphinus, Lagenodelphis, Lagenorhynchus, Lissodelphis, Grampus, Peponocephala, Feresa, Pseudorca, Orcinus, Globicephala, Orcaella, Physeter, Delphinapterus, Monodon, Ziphius, Berardius, Tasmacetus, Hyperoodon, Mesoplodon</i> (57 espécies/subespécies)	Mmf (mf: mid-frequency cetaceans)
Cetáceos de alta frequência	200 Hz a 180 kHz	<i>Phocoena, Neophocaena, Phocoenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus</i> (20 espécies/subespécies)	Mhf (hf: high-frequency cetaceans)
Pinnípedes na água	75 Hz a 75 kHz	<i>Arctocephalus, Callorhinus, Zalophus, Eumetopias, Neophoca, Phocartos, Otaria, Erignathus, Phoca, Pusa, Halichoerus, Histriophoca, Pagophilus, Cystophora, Monachus, Mirounga, Leptonychotes, Ommatophoca, Lobodon, Hydrurga, Odobenus</i> (41 espécies/subespécies)	Mpw (pw: pinnipeds in water)
Pinnípedes no ar	75 Hz a 30 kHz		Mpa (pa: pinnipeds in air)

O mascaramento ocorre quando um sinal sonoro de importância ao mamífero marinho (comunicação, eco locação, importantes sons ambientais) não é detectado por interferência de um intenso ruído sonoro em uma banda de frequência relevante. A Figura 7.2.1a apresenta as bandas de frequência de vocalização para diferentes espécies de mamíferos marinhos e a banda de frequência de um típico arranjo sísmico, destacando a faixa entre 20 e 200 Hz que concentra a energia máxima de um arranjo sísmico (MMS, 2004).

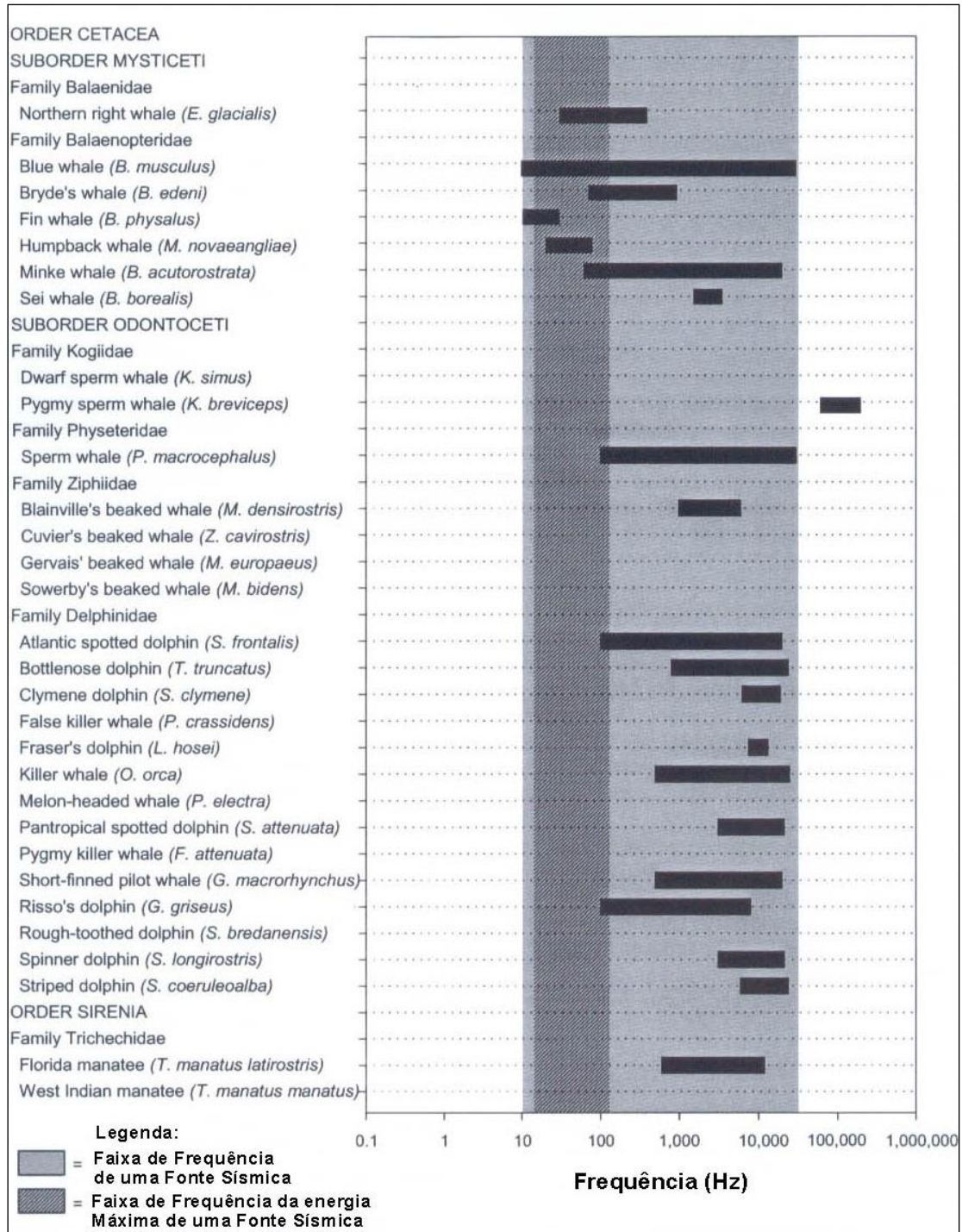


Figura 7.2.1a - Faixa de frequência de vocalização de algumas espécies de cetáceos e faixa de frequência de um arranjo típico, indicando a energia máxima (extraída de MMS, 2004).

### **Critérios para Lesão: Alteração Permanente dos limiares de audição (PTS: Permanent Threshold Shift) e Alteração Temporária dos limiares de audição (TTS: Temporary Threshold Shift)**

A U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) estabeleceu critérios para que a exposição de mamíferos marinhos para pulsos subaquáticos da fonte sísmica não ultrapassasse 190 dB re: 1  $\mu$ Pa para pinípedes e 180 dB re: 1  $\mu$ Pa para mysticetos e odontocetos. Estes limites de exposição foram propostos como estimativa conservativa de exposição na qual a lesão física não ocorreria.

Critérios para distúrbio comportamental de pulsos sonoro têm sido definido em um valor de SPL de 160 dB re: 1  $\mu$ Pa, baseada principalmente nas observações iniciais de que mysticetos reagem a pulsos da fonte sonora (por exemplo, MALME *et al.*, 1984; RICHARDSON *et al.*, 1986 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007). A relevância do critério dos 160 dB re: 1  $\mu$ Pa para perturbação de odontocetos e pinnípedes expostos ao pulso sonoro não é bem estabelecida. Embora estes critérios sejam aplicados em várias ações regulamentárias (principalmente nos EUA) por mais de uma década, eles permanecem em discussão e não sendo amplamente aceitos em qualquer lugar.

SOUTHALL *et al.*, 2007 revisaram os critérios de exposição para mysticetos, odontocetos e pinípedes e propuseram novos valores para os limiares de exposição para lesão e perturbação comportamental.

Critérios de exposição ao ruído para lesão auditiva devem ser baseados em exposições empiricamente apresentadas para induzir o **início da alteração permanente dos limiares de audição (PTS-onset)**, no entanto, esses dados não existem atualmente para mamíferos marinhos. Em vez disso, *PTS-onset* deve ser estimado a partir das medidas de **início da alteração temporária dos limiares de audição (TTS-onset)** e da taxa de crescimento do TTS com níveis crescentes de exposição acima do nível de indução do *TTS-onset*. Presume-se que o PTS aconteça se o limiar é reduzido por  $\geq 40$  dB (ou seja, 40 dB do TTS). SOUTHALL *et al.* (2007) usaram dados de TTS disponíveis para mamíferos marinhos e procedimentos de extrapolação com base nos dados de mamíferos terrestres para estimar exposição associada com *PTS-onset*. Medições existentes TTS para os mamíferos marinhos foram revistos por SOUTHALL *et al.* (2007), uma vez que servem como base quantitativa para os critérios de lesão.

Até o momento, medidas de TTS em mamíferos marinhos têm sido geralmente de pequena magnitude (principalmente  $<10$  dB). O início do TTS foi definido como sendo uma elevação transitória de um limiar de audição em 6 dB (*e.g.*, SCHLUNDT *et al.*, 2000). SOUTHALL *et al.* (2007) consideraram um TTS de 6 dB suficiente para ser reconhecido como um desvio e, portanto, uma definição suficiente de início de TTS.

As exposições sonoras que provocam TTS em cetáceos foram medidas em duas espécies de média frequência - *Delphinapterus leucas* (baleia-beluga) e *Tursiops truncatus* (golfinho-nariz-de-garrafa) - com dados disponíveis limitados para exposições a um único pulso e som não pulsado com duração variando de 1-s a  $\sim 50$  min. Não existem dados publicados TTS para outros cetáceos odontocetos (seja de média ou alta frequência) ou para qualquer cetáceo mysticetos (baixa frequência).

A análise dos audiogramas comportamentais obtidos por experimentação demonstra que *Delphinapterus leucas* (baleia-beluga) e *Tursiops truncatus* (golfinho-nariz-de-garrafa) têm faixas de audição e sensibilidade auditiva equivalente ou até melhores do que muitos mamíferos marinhos, podendo assim, serem considerados representantes de muitos mamíferos marinhos que têm largura de banda auditiva ampla e alta sensibilidade (FINNERAL *et al.*, 2000) (Figura 7.2.1b). Verifica-se que para que o golfinho-nariz-de-garrafa “perceba” um sinal sonoro de frequência menor ou igual a 100 Hz, é necessário que este sinal tenha pelo menos intensidade sonora (amplitude) de 130 dB re: 1  $\mu$  Pa.

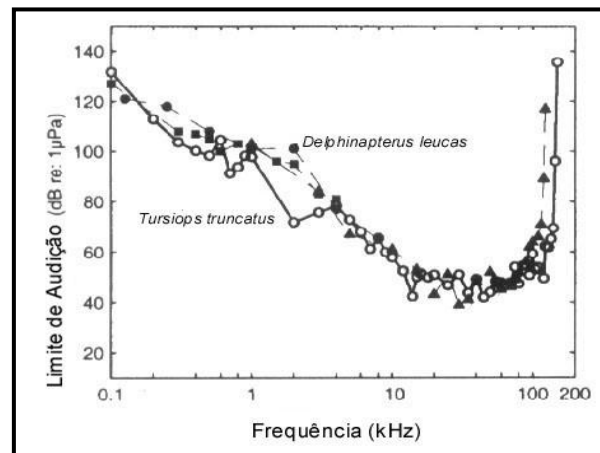


Fig.7.2.1b - Audiogramas comportamentais de *Delphinapterus leucas* e *Tursiops truncatus* (SCHLUNDT *et al.*, 2000).

FINNERAN *et al.* (2000) expuseram dois golfinhos-nariz-de-garrafa e uma baleia-beluga em cativeiro a um experimento de simulação de explosões submarinas. Os autores utilizaram um arranjo de transdutores piezoelétricos para simular a explosão de cargas de 5 a 500 kg de HBX-1 de 1,5 a 55,6 km de distância, com 10 níveis de intensidade sonora, isto é, amplitudes de 170 a 221 dB e durações de 5,1 a 9,5 ms. Para tornar os experimentos mais próximos da realidade, foi gerado também um ruído ambiental de 95 dB re: 1  $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ , com duração de 250 ms e faixa de frequências entre 0.8 e 3 kHz. Nenhuma das condições ambientais gerou um deslocamento de limite de audição temporário (TTS). Os mesmos autores compararam seus resultados com os obtidos por SCHLUNDT *et al.* (2000), AU *et al.* (1999) – ambos com golfinhos – e KASTAK *et al.* (1999), com pinípedes e construíram um gráfico, representado na Figura 7.2.1c.

Nenhuma mudança significativa de limiar (ou seja,  $\geq 6$  dB) foi observada em qualquer um dos indivíduos expostos a um único pulso aos níveis mais altos de exposição recebidos (pico: 70 kPa [10 psi]; pico-a-pico: 221 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$  (pico-a-pico); SEL: 179 dB re: 1  $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$ ).

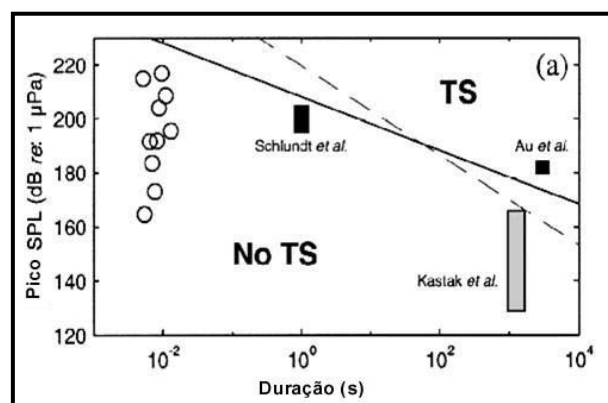


Fig.7.2.1c – Dados de TTS existentes na literatura para mamíferos marinhos. Valores SPL pico *versus* duração do tempo de fadiga. o = FINNERAN *et al.* (2000). Linha sólida = indução de perda de 3 dB. Linha tracejada = indução de perda de 5 dB.



FINNERAN *et al.* (2000) concluem que o tempo de exposição ao sinal sonoro é fator preponderante para a indução de TS em golfinhos, pois AU *et al.* (1999) expuseram um golfinho-nariz-de-garrafa a um sinal sonoro de 50 minutos de duração com frequência centrada em 7,5 kHz e amplitude de 190 dB re: 1  $\mu$ Pa, o que induziu um TTS de 12 a 18 dB. Outra conclusão dos autores é de que o sistema auditivo dos odontocetos (golfinhos) possui ampla faixa dinâmica e alta capacidade de recuperação.

Cetáceos de baixa frequência (misticete), com base em sua anatomia auditiva (WARTZOK & KETTEN, 1999 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007) e níveis de ruído ambiental no intervalo de frequência que eles usam (CLARK & ELLISON, 2004 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007), provavelmente têm menos sensibilidade absoluta (ou seja, limiares mais elevados), em grande parte da sua faixa de audição, do que as espécies de frequência média. SOUTHALL *et al.* (2007) usaram dados de TTS de cetáceos de média frequência como representativos de cetáceos de baixa frequência pressupondo que os dois grupos têm mecanismos auditivos semelhantes e não são significativamente diferentes na sensibilidade em relação à fadiga, e que as diferenças relativas a sensibilidade absoluta entre os dois grupos são geralmente conforme o esperado.

RICHARDSON (1995) apresenta uma representação gráfica (Figura 7.2.1d) das observações de MALME *et al.* (1984) sobre a influência de uma pesquisa sísmica usando “air-guns” nas rotas de migração da baleia-cinza ao longo da costa da Califórnia (EUA). Reações comportamentais (evitação) tem sido observadas em baleia cinza em resposta ao nível do pulso recebido de 164 dB re 1  $\mu$ Pa rms (MALME *et al.*, 1984), equivalente ao nível de exposição do sonora de 158 dB re 1  $\mu$ Pa (DAVIS *et al.*, 1998 *apud* MMS, 2004). A análise da Figura 7.2.1e revela que as baleias passam em grande número de vezes pela área em que a intensidade sonora está compreendida entre 165 e 170 dB re: 1 $\mu$ Pa.

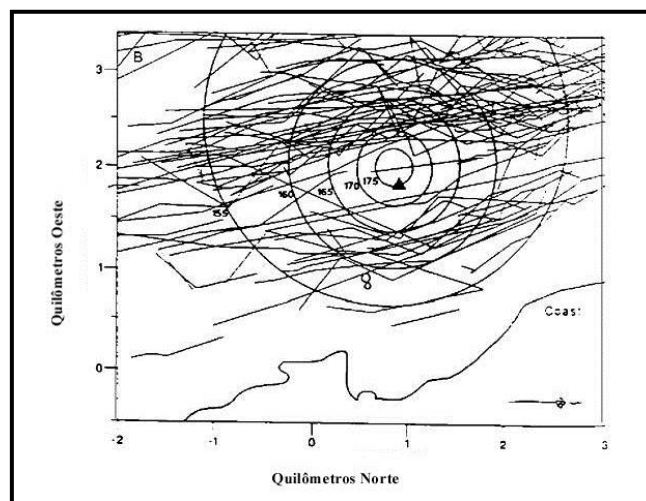


Fig.7.2.1d - Rotas de deslocamento de baleias-cinzas em migração ao longo da costa da Califórnia enquanto ocorria um teste sísmico com “air-guns”.O nível médio da intensidade sonora está indicado tangente aos círculos (MALME *et al.*, 1984).

Os cachalotes têm um estilo de vida diferente dos misticetos. Os cachalotes mergulham em grandes profundidades e são predadores pelágicos que ecolocalizam em profundidade usando cliques de sonar, se alimentando de cefalópodes de águas profundas e peixes. Limiares auditivos dos cachalotes adultos não foram obtidos, mas é razoável supor, com base em suas vocalizações, que são sensíveis a uma ampla faixa de frequências.

Sensibilidade ao som de baixa frequência tem sido reportada para cachalotes por BOWLES *et al.* (1994 *apud* MMS, 2004), onde o som de 57 Hz com níveis de fonte de 209-220 dB re 1  $\mu$ Pa pode ter feito com que os cachalotes parassem de vocalizar e/ou deixassem a área. O cachalote é uma espécie altamente vocalizadora

em condições naturais (ou seja, eles clicam quase continuamente durante os mergulhos), e a interrupção ou cessação da sua atividade vocal tem sido frequentemente citada como uma reação ao ruído produzido pelo homem.

Para todos os cetáceos expostos a pulsos simples, os **critérios de exposição para reação comportamental** foram baseados nos resultados obtidos por FINNERAN *et al.* (2002 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007) para *TTS-onset* em uma beluga exposta a um único pulso. Os valores de pico de pressão sonora não ponderados de 224 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$  (pico) e os valores de SEL ponderados (Mmf) de 183 dB re: 1  $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$  foram recomendados como critérios de perturbação comportamental para cetáceos média frequência. Por extrapolação, os mesmos valores também foram propostas para os cetáceos de baixa e de alta frequência. A única diferença na aplicação destes critérios para os três grupos de cetáceos é a influência das respectivas frequências de ponderação funcionais para critérios de SEL (Mlf and Mhf *versus* Mmf).

Os critérios de exposição para lesão (injúrias ao sistema auditivo) a um único pulso recomendados por SOUTHALL *et al.*, 2007, expressos em termos de pressão de pico, são níveis de *TTS-onset* mais 6 dB de exposição adicional. Em termos de SEL, os critérios recomendados são níveis de *TTS-onset* mais 15 dB de exposição adicional. Para todos os cetáceos expostos a pulsos, os dados de FINNERAN *et al.* (2002 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007) foram utilizados como base para estimar as exposições que levaria ao *TTS-onset* (e, conseqüentemente, ao *PTS-onset*). Os autores estimaram que, uma beluga exposta a um único pulso, o *TTS-onset* ocorreu com níveis de pico não ponderado de 224 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$  (pico) e 183 dB re: 1  $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$ . O último é equivalente a uma exposição SEL ponderada (Mmf: Média frequência) de 183 dB re: 1  $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$  como parte da energia no pulso de baixa frequência para a qual a beluga é menos sensível. Adicionando 6 dB para o primeiro valor (224 dB), o critério de lesão para pressão é, portanto, de 230 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$  (pico) (Tabela 8.2.1b, Célula 4). Adicionando 15 dB para o último valor (183 dB), o critério de lesão para SEL M-ponderada é de 198 dB re: 1  $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$  (Tabela 7.2.1b, Célula 4). Estes resultados são assumidos para cetáceos de baixa e, talvez, alta frequência (Tabela 7.2.1b, as células 1 e 7, respectivamente), bem como cetáceos de média frequência.

**Tabela 7.2.1b** - Critérios de Lesão propostos para Mamíferos Marinhos Expostos a Eventos de Ruído Sonoro (exposições únicas ou múltiplas dentro de um período de 24 h) (modificado SOUTHALL *et al.*, 2007).

Grupo de mamífero marinho	Pulso Único	Pulso Múltiplo	Não Pulso
Cetáceos de Baixa Frequência (Mlf)	Célula 1	Célula 2	Célula 3
Nível de Pressão Sonora (SPL)	230 dB re: 1 $\mu\text{Pa}$ (pico)	230 dB re: 1 $\mu\text{Pa}$ (pico)	230 dB re: 1 $\mu\text{Pa}$ (pico)
Nível de Exposição Sonora (SEL)	198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	215 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$
Cetáceos de média frequência (Mmf)	Célula 4	Célula 5	Célula 6
Nível de Pressão Sonora (SPL)	230 dB re: 1 $\mu\text{Pa}$ (pico)	230 dB re: 1 $\mu\text{Pa}$ (pico)	230 dB re: 1 $\mu\text{Pa}$ (pico)
Nível de Exposição Sonora (SEL)	198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	215 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$
Cetáceos de alta frequência (Mhf)	Célula 7	Célula 8	Célula 9
Nível de Pressão Sonora (SPL)	230 dB re: 1 $\mu\text{Pa}$ (pico)	230 dB re: 1 $\mu\text{Pa}$ (pico)	230 dB re: 1 $\mu\text{Pa}$ (pico)
Nível de Exposição Sonora (SEL)	198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	198 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	215 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$
Pinnípedes na água (Mpw)	Célula 10	Célula 11	Célula 12
Nível de Pressão Sonora (SPL)	218 dB re: 1 $\mu\text{Pa}$ (pico)	218 dB re: 1 $\mu\text{Pa}$ (pico)	218 dB re: 1 $\mu\text{Pa}$ (pico)
Nível de Exposição Sonora (SEL)	186 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	186 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	203 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$
Pinnípedes no ar (Mpa)	Célula 13	Célula 14	Célula 15
Nível de Pressão Sonora (SPL)	149 dB re: 20 $\mu\text{Pa}$ (pico)	149 dB re: 20 $\mu\text{Pa}$ (pico)	149 dB re: 20 $\mu\text{Pa}$ (pico)
Nível de Exposição Sonora (SEL)	144 dB re: (20 $\mu\text{Pa}$ ) <sup>2</sup> -s	144 dB re: (20 $\mu\text{Pa}$ ) <sup>2</sup> -s	144,5 dB re: (20 $\mu\text{Pa}$ ) <sup>2</sup> -s

Mlf: low-frequency cetaceans; Mmf: mid-frequency cetaceans; Mhf: high-frequency cetaceans; Mpw: pinnipeds in water; Mpa: pinnipeds in air; SPL: Sound Pressure Level; SEL: Sound Exposure Level;



**EAS - Estudo Ambiental de Sísmica**  
Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 3D,  
nos Blocos S-M-1037, S-M-1101, S-M-1102, S-M-1165 e S-M-1166  
Bacia de Santos

Nota: Todos os critérios para "Nível de Pressão Sonora" baseiam-se na pressão de pico conhecida ou assumida para induzir o início do TTS, mais 6 dB. Critérios para "Nível de Exposição Sonora" são baseadas no SEL induzindo o início do TTS (1) mais 15 dB para qualquer tipo de mamífero marinho exposto a pulsos únicos ou múltiplos, (2) mais 20 dB para cetáceos ou pinípedes na água exposta para não pulso, ou (3) mais 13,5 dB para pinnípedes no ar expostos a não pulso.

O conhecimento sobre a capacidade auditiva dos quelônios ainda é incipiente (FRANKEL & CLARK, 1997). Entretanto, esses animais são considerados potencialmente vulneráveis às diversas perturbações sonoras produzidas no ambiente marinho (PETZET, 1999).

Um dos estudos sobre o impacto da pesquisa sísmica em quelônios foi elaborado por MCCAULEY *et al.* (2000) a partir da observação em cativeiro. Os autores observaram que os quelônios apresentaram um aumento na atividade de natação na amplitude acima de 155 dB re: 1  $\mu$ Pa, aproximadamente. A partir de 164 dB re: 1  $\mu$ Pa as tartarugas apresentaram um padrão de comportamento mais errático. A análise do decaimento do som acima apresentada demonstra que estes limiares estão contidos na área de influência da atividade.

MCCAULEY *et al.* (2000) apresenta uma síntese comparativa de níveis de intensidade sonora (dB re: 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup> rms) de arranjo sísmico e efeitos na fauna marinha a partir de observações dos autores e outros dados de literatura. Os autores ressaltam que embora o sistema auditivo de mamíferos marinhos, tartarugas e peixes são fundamentalmente diferentes, o nível sonoro recebido que induz uma resposta tem-se mostrado dentro de uma variação de 10 dB. Peixes apresentam comportamento de alarme com aumento na velocidade de natação em um nível sonoro recebido de 156-168 dB re: 1  $\mu$ Pa rms.

Os estudos relacionados ao plâncton indicam que há letalidade em ovos e larvas em distâncias de até 3 metros da fonte sísmica. Danos físicos sub-letais foram descritos em distâncias de até 5 metros dos canhões de ar. Em distâncias maiores, diversos estudos apontaram não haver quaisquer efeitos perceptíveis (PAYNE, 2004 *apud* VILARDO, 2007).

### **7.3. FATORES CONSIDERADOS PARA DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA SOBRE O MEIO SOCIOECONÔMICO**

A identificação da área de estudo, na fase do diagnóstico ambiental, serve para delimitar o universo de trabalho de todas as variáveis envolvidas no Estudo Ambiental de Sísmica (EAS). Para definição da área de influência em relação ao Meio Socioeconômico, foram verificados os limites estabelecidos, seguindo os ajustes em relação aos resultados e conclusões do Diagnóstico. Aliado a isso, a definição da área de influência apresentada, também levou em consideração as diretrizes estabelecidas pelo IBAMA, através do Termo de Referência, emitido pelo órgão para orientar o desenvolvimento deste Estudo.

A avaliação das variáveis socioeconômicas (dados de origem secundária: dinâmica da frota pesqueira artesanal; dados de monitoramento pesqueiro; e, entrevistas com atores sociais), que estão detalhadas na Subseção 4.3 - Meio Socioeconômico, nesse estudo ambiental, forneceram subsídios para a análise da área de influência sobre o meio socioeconômico a partir das áreas de pesca estipuladas para cada um dos vinte e três (23) municípios da área de estudo. Para a caracterização das áreas de pesca artesanal, preferencial e expandida generalizada, foram utilizadas as informações compiladas dos Relatórios Finais do PCSPA – BS (PETROBRAS, 2015), para cada um dos municípios da área de estudo. Na delimitação das áreas de pesca artesanal dos municípios se constatou que nenhum dos municípios da área de estudo apresenta sobreposição com o polígono da atividade de pesquisa sísmica (figuras 7.3a).

Não havendo essa sobreposição, o critério para determinação dos municípios que estão inseridos na área de influência sob o meio socioeconômico passou a ser a identificação dos que apresentavam proximidade aos terminais marítimos de Santos/SP ou Itajaí/SC, onde serão realizadas as atividades de apoio e abastecimento

às embarcações envolvidas na atividade de pesquisa sísmica. São eles: Guarujá, Santos, São Vicente, Praia Grande, Navegantes e Itajaí. Nesses municípios há a maior possibilidade de encontro de pescadores artesanais com quaisquer embarcações (longo curso, cabotagem, turismo náutico e apoio marítimo a atividades de exploração e produção de petróleo) que faça uso dos terminais portuários presentes na região.

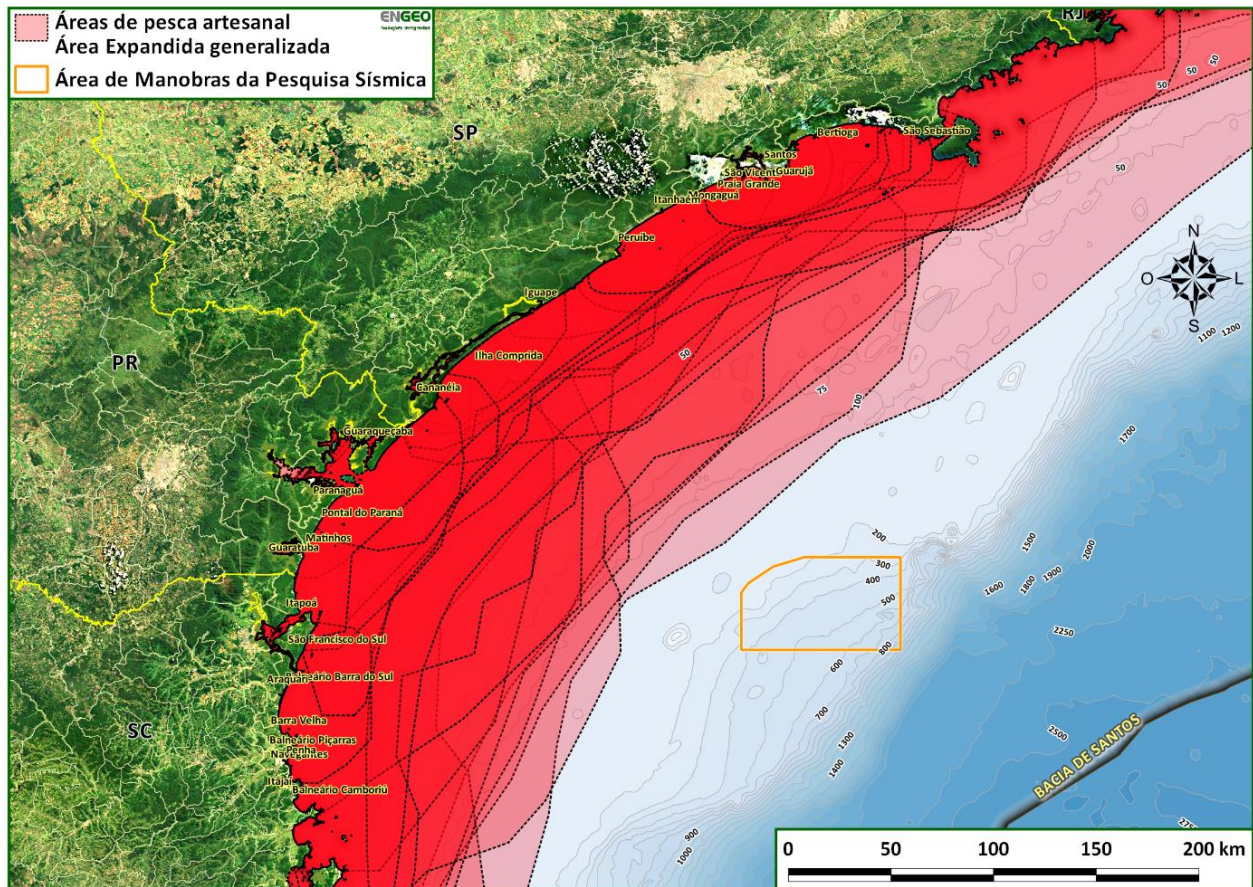


Figura 7.3a - Representação georreferenciada das áreas de pesca expandida generalizada dos municípios da área de estudo em relação ao polígono da atividade de pesquisa sísmica.

As atividades econômicas regionais são condicionadas pelos ecossistemas costeiros e mais especificamente pelos estuários dos rios estes sistemas concentram elevada importância socioeconômica por diversos fatores, dentre as quais são citadas: alta produtividade, posição estratégica para instalações portuárias, industriais e grandes cidades litorâneas, além da beleza paisagística. Estes componentes estão presentes ao longo da costa, porém não são afetados diretamente pela atividade da pesquisa sísmica.

Na área costeira da Baía de Santos é grande a importância socioeconômica proveniente da integração entre as atividades pesqueiras, turísticas, recreação e lazer que representam à sustentação econômico-social de muitas comunidades litorâneas. O turismo é responsável também pela complementação da renda de vários setores da comunidade, através da venda de artesanato, de passeios e excursões turísticas. As atividades ligadas ao turismo e lazer ocorrem em áreas continentais, estuarinas, praias, predominantemente, localizadas próximas a zonas costeiras. O turismo contemplativo e ecológico tem largo apelo em quase todas as cidades do litoral dos Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Na parte do turismo náutico as áreas de mergulho e ilhas são responsáveis pelo tráfego de embarcações ao longo de boa parte da região costeira da área de estudo.

#### 7.4. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA ATIVIDADE

A Área de Influência da Atividade corresponde à:

Área sujeita aos impactos da atividade de pesquisa sísmica como os decorrentes: (i) o impacto da emissão sonora sobre o meio biótico; (ii) a interferência com as atividades pesqueira e turística; (iii) a área onde há restrições à navegação e à realização de outras atividades; e (iv) as rotas das embarcações utilizadas durante a atividade até as bases de apoio, incluindo os próprios portos ou terminais.

Os impactos esperados sobre a biota, em especial aos mamíferos marinhos, quelônios, peixes e plâncton e, portanto, contidos na Área de Influência da Atividade, são:

- injúrias no sistema auditivo (na proximidade da fonte);
- alteração comportamental de mamíferos marinhos;
- natação acelerada e/ou errática de quelônios;
- reação de alarme ou susto-C em peixes.
- injúrias na estrutura celular do plâncton (estende-se até 5 metros da fonte).

Conforme modelagem de decaimento da energia sonora apresentada no **Anexo 2.2** deste EAS, na distância horizontal de 500 metros na superfície do mar, que corresponde à Área de Segurança para cetáceos e quelônios (raio de 500 metros de origem no centro da fonte sonora), a amplitude pico-a-pico decai 64dB e a amplitude absoluta máxima decai 60dB, o que corresponde, respectivamente, a 160dB dB re1  $\mu$ Pa e 140dB dB re1  $\mu$ Pa.

Na direção vertical, para baixo do arranjo, o sinal de amplitude pico-a-pico decai 68-67dB, alcançando a amplitude pico-a-pico de 167-168dB re1  $\mu$ Pa na profundidade de 200 metros e o sinal de amplitude absoluta máxima decai cerca de 36-35dB, alcançando a amplitude absoluta máxima de 164-165dB re1  $\mu$ Pa na profundidade de 200 metros.

A caracterização dos possíveis impactos sobre a fauna marinha de maior sensibilidade auditiva indica que os limiares de detecção e reação se iniciam quando o som alcança a amplitude sonora de 160dB re: 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>rms. Sendo assim, na distância de 1 km da fonte, que compreende as áreas de segurança (500m) e sobreaviso (1000m) para baleias, golfinhos e tartarugas marinhas obedecida pelo Programa de Monitoramento da Biota Marinha, o som alcança a amplitude sonora inferior a 160dB, intensidade sonora que induziria os limiares de exposição para lesão e perturbação comportamental.

Considerando-se que não estão previstos disparos fora da área de pesquisa sísmica e de manobra e como critério mais conservativo, a Área de Influência da Atividade sobre o Meio Biótico é definida por um polígono com área de 4.024 km<sup>2</sup>, que se amplia no sentido horizontal 1.000m além da área de manobra. A delimitação da Área de Influência da Atividade sobre o meio biótico encontra-se apresentada no Mapa PGS\_02001\_002223\_2016\_BSant\_ENGEO\_2016\_10\_Mapa 07\_Area\_Influencia.

A delimitação da Área de Influência da Atividade sobre o Meio Socioeconômico incluiu os municípios que apresentavam proximidade aos terminais marítimos de Santos/SP ou Itajaí/SC, onde serão realizadas as atividades de apoio e abastecimento às embarcações envolvidas na atividade de pesquisa sísmica.

A Área de Influência da Atividade sobre o Meio Socioeconômico corresponde a Área de Atividade da Pesquisa Sísmica, uma zona de segurança de entorno correspondente a seis milhas náuticas além da área de manobra, a área que compreende as rotas de navegação utilizadas durante a atividade até as bases de apoio (portos) e área dos municípios de Guarujá, Santos, São Vicente, Praia Grande, Navegantes e Itajaí, totalizando um polígono com área de 8.799 Km<sup>2</sup>. A delimitação da Área de Influência da Atividade sobre o meio socioeconômico encontra-se apresentada no Mapa PGS\_02001\_002223\_2016\_BSant\_ENGEO\_2016\_10\_Mapa 07\_Area\_Influencia.

## 7.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AU, W.W.L., NACHTIGALL, P.E. & PAWLOSKI, J. Temporary threshold shift in hearing induced by an octave band of continuous noise in the bottlenose dolphin, **J. Acoust. Soc. Am.** 106, 2251 (A). 1999.

FINNERAN, J.J., SCHLUNDT, C.E., CARDER, D.A., CLARK, J.A., YOUNG, J.A., GASPIN, J.B., RIDGWAY, S.H. Auditory and behavioral responses of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and a beluga whale (*Delphinapterus leucas*) to impulsive sounds resembling distant signatures of underwater explosions. **J. Acoust. Soc. Am.** 108(1): 417-431. 2000.

FRANKEL, A.S. & CLARK, C.W. **Results from over a year of acoustic transmissions.** Marine Mammal Research Program, Report, 3p. 1997.

GOULD J.C. & FISH, P.J. Broadband spectra of seismic survey air gun emissions, with reference to dolphin auditory thresholds. **J. Acoust. Soc. Am.** 103(4):2177-2184. 1998.

KASTAK, D.; SCHUSTERMAN, R.J.; SOUTHALL, B.L. & REICHMUTH, C.J. Underwater temporary threshold shift induced by octave-band noise in three species of pinniped. **J. Acoust. Soc. Am.**, 106 (2): 1142-1148. 1999.

MALME, C.I.; MILES, P.R.; CLARK, C.W.; TYACK, P. & BIRD, J.E. **Investigations of the potential effect of underwater noise from petroleum industry activities on migration gray whale behavior / Phase II: January 1984 migration.** BBN Rep. 5586. Rep from Bolt Beranek & Newman Inc., Cambridge, MA, for U.S. Minerals Manage Serv., Anchorage, AK. Var. pag. NTIS PB86-218377. 1984.

MCCAULEY, R.D.; J. FEWTRELL; A.J. DUNCAN; C. JENNER; J.D. PENROSE; R.I.T. PRINCE; A. ADHITYA; J. MUDOCH & K. MCCABE. **Marine seismic surveys: analysis and propagation of air-gun signals; and effects of air-gun exposure on humpback whales, sea turtles, fishes and squid.** Report for Australian Petroleum Production Exploration Association prepared by Centre for Marine Science and Technology. 198pp. 2000.

MMS. **Geological and Geophysical Exploration for Mineral Resources on the Gulf of México Outer Continental Shelf.** Final Programmatic Environmental Assessment. MMS – U.S. Department of the Interior Minerals Management Service, Gulf of México OCS Region. OCS EIS/EA MMS 2004-054. 2004.

PETROBRAS. Projeto de Caracterização Socioeconômica da Atividade Pesqueira e Aquícola nos Municípios do Litoral dos Estados de São Paulo e do Paraná - PCSPA. **Relatório Técnico Final - São Paulo - BR 04035014/15 - REV 01.** Instituto de Pesca de São Paulo. Santos - SP. Junho de 2015.

PETROBRAS. Projeto de Caracterização Socioeconômica da Atividade Pesqueira e Aquícola nos Municípios do Litoral dos Estados de São Paulo e do Paraná - PCSPA. **Relatório Técnico Final - Paraná - BR 05035014/15 - REV 01.** Instituto de Pesca de São Paulo. Santos - SP. Junho de 2015.



PETROBRAS. Projeto de Caracterização Socioeconômica da Atividade de Pesca e Aquicultura - PCSPA. **Relatório Técnico Final - Santa Catarina - Volume 1 - BR 04042006/14 - REV 01**. Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí - SC. Junho de 2015.

PETZET, G.A. Seismic, other sound at issue in deepwater Gulf of Mexico. **Oil & Gas Journal**, Sept. 13, 1999: 105-106. 1999.

RICHARDSON, W.J. **Effects of noise on Marine Mammals**. Marine Mammals Bioacoustics Short Course. Acoustical Society of America. Orlando, 12-13th December. 432p. 1995.

SCHLUNDT, C.E. FINNERAN, J.J., CARDER, D.A., RIDGWAY, S.H. Temporary shift in masked hearing thresholds of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, and white whales, *Delphinapterus leucas*, after exposure to intense tones. **J. Acoust. Soc. Am.** 107(6): 3496-3508. 2000.

SOUTHALL, L.; BRANDON L.; BOWLES ANN E.; ELLISON WILLIAM T.; FINNERAN JAMES J.; GENTRY ROGER L., GREENE JR. CHARLES R.; KASTAK DAVID; KETTEN DARLENE R.; MILLER JAMES H.; NACHTIGALL PAUL E.; RICHARDSON JOHN W.; THOMAS JEANETTE A. & TYACK PETER L. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. **Aquatic Mammals**, Volume 33, Number 4, pages 411-522. 2007.

VILARDO, C.N.G. **Avaliação Ambiental de Pesquisas Sísmicas Marítimas no Brasil: Evolução e Perspectivas**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ. XVII, 288p.2007.