

## II.6.5 - Avaliação de Impactos Cumulativos e Sinérgicos

O potencial de múltiplas pressões humanas causar efeitos cumulativos em populações de seres vivos e ecossistemas é amplamente reconhecido nas ciências de manejo de recursos e conservação da biodiversidade (HALPERN & FUJITA, 2013). Assim, os esforços para identificar e mapear os impactos cumulativos vêm ganhando maior atenção da comunidade científica na última década, dentro de abordagens como o manejo baseado em análises ecossistêmicas e planejamento espacial marinho. A previsão de cumulatividade e de efeitos sinérgicos de impactos é previsto no licenciamento ambiental brasileiro desde a publicação da Resolução CONAMA Nº 01 de 1986, em que seu artigo Art. 6º, inciso II, prevê que os estudos de impacto ambiental desenvolvam a análise dos impactos ambientais considerando, dentre outros aspectos, “suas propriedades cumulativas e sinérgicas”.

A Nota Técnica Nº 03/2017 - COEXP/CGMAC/DILIC/IBAMA apresenta definições a respeito da cumulatividade e sinergia entre impactos, tendo sido editada exatamente para a identificação e a avaliação de impactos ambientais, a título de orientações metodológicas, justamente no âmbito do licenciamento ambiental dos empreendimentos marítimos de exploração e produção de petróleo e gás. Tal nota define as propriedades cumulativas de um impacto, como a capacidade de sobrepor-se, no tempo e/ou no espaço, a outro impacto, associado ou não ao empreendimento ou atividade em análise, que incida sobre o mesmo fator ambiental. Grosso modo, pode-se considerar que a cumulatividade se dá quando mais de um impacto ambiental, de igual ou de distinta natureza e origem, se sobrepõem no tempo e/ou no espaço, maximizando seus efeitos em termos de grandeza. Os efeitos sinérgicos se dão quando essa sobreposição espaço-temporal resulta em uma interação que potencializa o surgimento de um terceiro ou mais novos impactos (WALKER & JOHNSTON, 1999).

Conforme determina o Termo de Referência COEXP Nº 10047523 para elaboração de Estudo Ambiental de Sísmica Classe 2 para o Cluster BC, este capítulo tem por finalidade apresentar uma avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos decorrentes da realização da atividade de pesquisa sísmica proposta para a Bacia de Campos.

Para desenvolver essa avaliação, foi considerada a propagação do som das diferentes fontes acústicas, as atividades de pesquisa sísmica marítima previstas para a região e suas características operacionais, especialmente das fontes sonoras, as características do ambiente (substrato, relevo do fundo, profundidade) e a presença das principais espécies nectônicas que ocorrem na área.

Segundo o capítulo “**Estratégia de Operações Conjuntas**”, além dos projetos de aquisição sísmica do Cluster BC, também ocorrerão na região os projetos do Cluster da Bacia de Campos Águas Profundas (BC AP), com previsão de início em novembro de 2022 (**Quadro II.6.5-1**).

**Quadro II.6.5-1** – *Projetos previstos para os Clusters BC e BC AP, na Bacia de Campos. TVD = Tartaruga Verde; MMBC = Marlim Leste, Marlim Sul, Barracuda e Caratinga; MRL-VDR-BRV = Marlim, Voador e Brava; BRC-CRT = Barracuda e Caratinga; AB-FORNO = Albacora-Forno; PQB = Parques das Baleias; ACFC = Alto de Cabo Frio Central.*

Cluster	Projeto
BC	TVD- Base
	BRC-CRT Streamer
	MMBC OBN
	TVD – Monitor
	MRL-VDR-BRV
	Albacora-Forno
BC AP	4D Jubarte Monitor 2
	Roncador Base
	Mairarê
	PQB Monitor 1
	Ruba
	Roncador Monitor 1
	Urissanê
	Tutóia
	Dois Irmãos
	ACFC-NW
	ACFC-NE
	Tronador

### II.6.5.1 - Efeitos do som sobre Cetáceos e Quelônios

Uma das principais preocupações com respeito à alteração da qualidade do ambiente marinho é a poluição sonora decorrente da introdução de ruído de origem antrópica e seus efeitos sobre a biota, principalmente sobre organismos de alta acuidade auditiva (GOOLD & FISH, 1998).

Há dois tipos básicos de som: (1) pulso e (2) não pulso. A distinção entre esses dois tipos gerais de sons é importante porque eles têm um potencial diferente para causar efeitos físicos, particularmente no que diz respeito à audição (e.g., WARD, 1997 *apud* SOUTHALL *et al.*, 2007). Os pulsos (pelo menos na fonte) são explosões, tiros, lanças sônicas ou fontes sísmicas (*air guns*). O som do tipo não pulso incluem navios, aeronaves, operações de máquinas, como perfuração ou turbinas eólicas, e muitos sistemas de sonar ativos de embarcações marítimas.

O ambiente subaquático apresenta uma elevada capacidade de propagação do som, e, neste contexto, são esperados impactos dos disparos de *air guns* sobre a biota, a longas distâncias. Dentre os grupos taxonômicos mais sensíveis ao ruído gerado pelas atividades sísmicas podemos destacar os tetrápodes marinhos como os quelônios e mamíferos marinhos.

Todos os mamíferos marinhos podem produzir sons em diversos contextos importantes. Os animais usam o som para interações sociais, bem como para forrageamento, orientação e resposta a predadores. Interferências diretas nestas funções, decorrentes dos efeitos do ruído na audição e/ou comportamento, tem o potencial de interferir com taxas vitais (SOUTHALL *et al.*, 2007), podendo contribuir para o afastamento de determinadas espécies de uma região ou rota de migração. Em adição, o mascaramento do som também é um efeito importante e ocorre quando um sinal sonoro de importância ao mamífero marinho (comunicação, ecolocalção, importantes sons ambientais) não é detectado por interferência de um intenso ruído sonoro em uma banda de frequência relevante.

Pesquisadores realizaram uma revisão na literatura sobre a audição de mamíferos marinhos e sobre as respostas fisiológicas e comportamentais ao som antropogênico, propondo 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. Segundo estes mesmos autores, espécies de cetáceos e pinípedes foram incluídas em um dos cinco grupos funcionais auditivos, com base em psicofísica comportamental, audiometria potencial, morfologia auditiva, e, para pinípedes, também em função 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). Assim, os efeitos dos ruídos sobre mamíferos marinhos poderão variar de perda auditiva temporária à perda auditiva permanente. Considerando que em uma atividade de aquisição sísmica o pulso é direcionado para o fundo do mar, sua energia máxima será abaixo do arranjo dos canhões de ar. Desta forma, para que um efeito físico ocorra, o animal terá que estar posicionado muito próximo da fonte (dentro de uma faixa de até dez metros do arranjo), considerada uma zona que deverá ser preferivelmente evitada pelos próprios mamíferos marinhos. Em adição, espera-se que o procedimento de aumento gradual da fonte sísmica (“*soft start*”), na medida em que ocorram as detecções dos espécimes pelos observadores de bordo e operadores do PAM (no caso dos cetáceos), seja capaz de mitigar este efeito (MMS, 2004).

De um modo geral, os animais não ouvem igualmente bem em todas as frequências dentro da sua faixa auditiva funcional. Portanto, os efeitos e as distâncias em que os impactos se iniciam, podem variar de acordo com a espécie e seus limiares de detecção e reação (SOUTHALL *et al.*, 2007).

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. Nesse sentido, 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). 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 (SOUTHALL *et al.*, 2007). Os detalhes dos impactos sonoros sobre os cetáceos são apresentados no item “II.6.4.1.1

## **Impactos Efetivos/Operacionais”, do capítulo “II.6 Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais”.**

Em relação aos quelônios, o conhecimento sobre a capacidade auditiva do grupo ainda é incipiente, assim como o entendimento do grau de ameaça das pesquisas sísmicas para o mesmo. Entretanto, esses animais são considerados potencialmente vulneráveis às diversas perturbações sonoras produzidas no ambiente marinho (PETZET, 1999).

O comportamento previsto, caso os níveis interfiram no comportamento das espécies, é a evitação temporária, um impacto reversível, visto que se espera que os animais retornem à área após o término da atividade (C-NLOPB, 2006 *apud* PETROBRAS, 2020).

MCCAULEY *et al.* (2000) 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 descrição dos impactos sonoros sobre os Quelônios é também apresentada no item “II.6.4.1.1 Impactos Efetivos/Operacionais”, do capítulo “II.6 Identificação e Avaliação dos Impactos Ambientais”.

De acordo com Vilardo (2006) *apud* PETROBRAS, 2020, embora grande parte dos impactos da atividade sísmica ainda não esteja completamente dimensionada, há um consenso em relação a ausência de impactos agudos – como morte ou incapacitação – na macrofauna. Os impactos de caráter comportamental, como evasão ou fuga, são de difícil mensuração e, desse modo, dificultam o estabelecimento da significância biológica para os indivíduos e populações afetadas.

### **II.6.5.2 - Impactos Cumulativos e Sinérgicos**

Os impactos cumulativos e sinérgicos do Cluster BC sobre os cetáceos e quelônios na Bacia de Campos são definidos pela sobreposição, no tempo e no espaço, com outros projetos de pesquisa sísmica, em diferentes campos e ao longo do tempo, incluindo-se pesquisas realizadas por outras empresas, considerando

também as áreas de influência das áreas de pesquisa, ainda que não ocorra sobreposição entre os polígonos das atividades.

Soma-se a isso a ocorrência de outras interferências antropogênicas já existentes na região, que podem contribuir com a cumulatividade ou mesmo a sinergia entre impactos, amplificando-os, criando novos impactos ou mesmo podendo torná-los crônicos, ao menos por um determinado tempo, como é visto a seguir. Neste contexto, ressalta-se a ocorrência da já existente poluição sonora na região em decorrência das atividades de exploração e produção de óleo e gás (O&G), incluindo o tráfego de embarcações associadas às operações de apoio a estas atividades. Além destas, na Bacia de Campos são executadas outras atividades distintas daquelas de O&G, as quais dependem, da mesma forma, de transporte marítimo que também contribui para a geração de ruídos.

Sobre os efeitos do ruído decorrentes do trânsito de embarcações, Sertlek *et al.* (2019) identificaram em seu artigo sobre fontes de ruídos no Mar do Norte que, em média, a maior quantidade de energia acústica liberada no ambiente teve como fonte as embarcações (~1.800J), seguida da aquisição sísmica (~300J), explosões (~20J) e vento (~20J), variando a frequência entre 100 Hz e 100 kHz. O estudo evidencia o predomínio do ruído gerado pelas atividades de navegação em um ambiente marinho. Além da poluição sonora, o tráfego de embarcações pode resultar em colisões acidentais de embarcações com cetáceos (VAN WAEREBEEK *et al.*, 2007).

Além do trânsito de embarcações, uma série de agentes estressores pode contribuir para potencializar os efeitos ou gerar impactos em sistemas marinhos, incluindo as variações de salinidade e temperatura, as taxas de sedimentação, o excesso de nutrientes, a ocorrência de xenobióticos, a pesca predatória, a prevalência de doenças, a ocorrência de espécies invasoras, entre outros (CRAIN *et al.*, 2008). Para mamíferos marinhos, Perry (1998) cita a poluição, a superexploração de recursos naturais, o incremento da navegação, o desenvolvimento costeiro e as mudanças climáticas, em associação com os ruídos antropogênicos, como capazes de provocar efeitos sobre cetáceos em ambientes costeiros. Como exemplo de potencial efeito sinérgico sobre cetáceos, pode-se citar a indução da captura acidental por redes de pesca e a colisão com embarcações, em decorrência de eventuais distúrbios auditivos provocados pelos

ruídos antropogênicos (WEILGART, 2007). Segundo a autora, tais distúrbios podem contribuir para que os animais tenham dificuldade em detectar/evitar petrechos de pesca ou mesmo embarcações navegando nas proximidades, tornando-os mais vulneráveis. A autora ainda ressalta que os efeitos sinérgicos das atividades antropogênicas sobre cetáceos são de difícil determinação e gerenciamento em decorrência da variedade de agentes estressores existentes.

Por sua vez, a atividade de pesquisa sísmica marítima, agrupada na categoria “pulso” (MOONEY *et al.*, 2012), também será capaz de gerar ruídos artificiais no ambiente marinho, sendo considerada como a fonte antropogênica de maior pressão sonora durante a sua execução (ERBE *et al.*, 2016). A presença de ruídos com intensidade suficiente para ocasionar mascaramento de outros sons antrópicos, pode provocar, da mesma forma, maior vulnerabilidade de organismos marinhos a colisões acidentais com embarcações.

No caso da sísmica, o impacto acústico cumulativo pode ocorrer quando o efeito da propagação do som das diferentes fontes acústicas, decorrente da sobreposição espaço-temporal de duas ou mais atividades sísmicas, venha a afetar as espécies nectônicas presentes na região. Esse conjunto pode resultar no que, a princípio, poderia ser um impacto agudo e isolado no tempo, em um impacto crônico por um tempo significativo (pelo menos cinco anos se consideradas apenas as pesquisas previstas para o Cluster BC e o cronograma vigente), podendo ampliar seus efeitos no ambiente, ainda que em decorrência da inexistência de efeito residual dos impactos gerados pelos ruídos provocados pelos disparos dos *air guns*, a duração do impacto venha a ser considerada imediata.

Dentro dessa perspectiva, coloca-se a sucessão das pesquisas previstas numa mesma região, algumas simultâneas, podendo não apenas amplificar seus efeitos em termos de intensidade, mas, ao mesmo tempo, dada referida sucessão, aumentar o tempo de incidência do impacto e a sua frequência de ocorrência. Como exemplo extremo de impacto relacionado ao aumento na frequência, no tempo de incidência, na intensidade e na extensão da exposição, pode-se citar o potencial risco de abandono de habitat por espécies mais sensíveis, mesmo que temporariamente. No caso dos projetos do Cluster BC, segundo o **item II.9 “Estratégias de Operações Conjuntas”**, não haverá simultaneidade de aquisições sísmicas com menos de 60 km entre os projetos previstos, distância

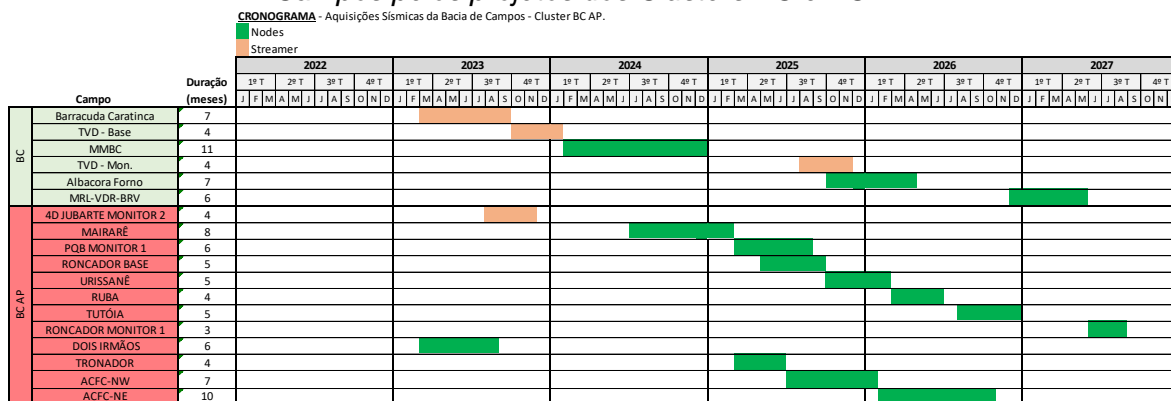
mínima essa considerada como marco regulatório para evitar a sinergia entre os impactos entre pesquisas simultâneas em uma mesma região.

Em relação ao impacto acústico sobre a biota, é presumido que a severidade de seus efeitos sobre a fauna aumenta conforme aumentam a quantidade das fontes de ruído e a intensidade das pressões sonoras. No caso de sons pulsados como os da sísmica, a simultaneidade dos disparos com características similares poderia ocasionar uma amplificação da energia dos sons. Entretanto, ainda que considerada a ocorrência de disparos simultâneos, é mais provável que, na maior parte do tempo das atividades, não haja sobreposição exata destes, mas sim um aumento na frequência de ocorrência dos mesmos.

Como consequência da diminuição do intervalo temporal entre disparos das diversas atividades sísmicas, poderá haver um efeito adicional relacionado ao mascaramento de sons de interesse da fauna, como sons de coespecíficos, presas e predadores (TYACK, 1999). Além disso, duas fontes de ruído separadas espacialmente, mas ocorrendo de forma total ou parcialmente simultânea, aumentam a área e a extensão dos habitats expostos ao impacto e, no caso de animais com grande mobilidade como os cetáceos, poderão aumentar a probabilidade de encontro com essas fontes de ruído e diminuir as possibilidades de evasão para áreas vizinhas (RICHARDSON *et al.*, 1995) isentas da mesma perturbação.

Portanto, uma das abordagens possíveis para evitar a cumulatividade dos impactos é buscar impedir, tanto quanto possível, a sobreposição espacial e/ou temporal das pesquisas de aquisições sísmicas, sobretudo em regiões sensíveis para espécies mais vulneráveis em termos de seus aspectos biológicos e seus *status* de conservação.

As atividades de pesquisa sísmica do Cluster BC ocorrerão em períodos distintos, havendo sobreposição somente no cronograma de aquisição sísmica nos campos TVD e Albacora-Forno. Quando relacionado ao Cluster BC AP, a PETROBRAS definiu um cronograma para que os projetos que tenham conflito de distância abaixo de 60km não tenham conflito temporal (**Quadro II.6.5.2-1**).

**Quadro II.6.5.2-1 – Cronograma das aquisições sísmicas a serem realizadas na Bacia de Campos pelos projetos dos Clusters BC e BC AP.**

Cabe considerar, a possibilidade de haver simultaneidade, no todo ou em parte, com atividades de outras empresas, estabelecendo o desafio de se buscar um equilíbrio entre exploração econômica e a conservação da biota marinha, sobretudo os cetáceos. Dessa forma, a PETROBRAS reitera que, caso haja qualquer alteração de cronograma por parte da PETROBRAS e quando houver definição de cronograma por parte das EADs, os possíveis conflitos serão devidamente analisados em conjunto com as respectivas empresas, promovendo os ajustes necessários de operações e cronogramas, com o objetivo de respeitar os 60 km entre fontes sísmicas operativas.

**II.6.5.3 - Modelagem Acústica Ambiental na Bacia de Campos**

Conforme abordado anteriormente, impactos cumulativos e sinérgicos ocorrem quando há potencialização dos efeitos em um componente ambiental, em decorrência da interação espacial e/ou temporal entre estes.

Para a área da Pesquisa Sísmica Marítima 3D/4D *Streamer* e *Nodes* na Bacia de Campos - Cluster BC foi realizado um estudo de decaimento da energia sonora. O objetivo foi estabelecer a relação entre a emissão sonora das fontes sísmicas, compostas por um arranjo de *air guns*, e a distância de segurança aos animais, a fim de mitigar a interferência da pesquisa sísmica no ambiente marinho.

Neste estudo, o decaimento acústico foi estimado a partir da modelagem numérica da propagação do campo de onda emitido por fontes sísmicas, utilizando um modelo de velocidade regional da região. Foram avaliados os efeitos sinérgicos

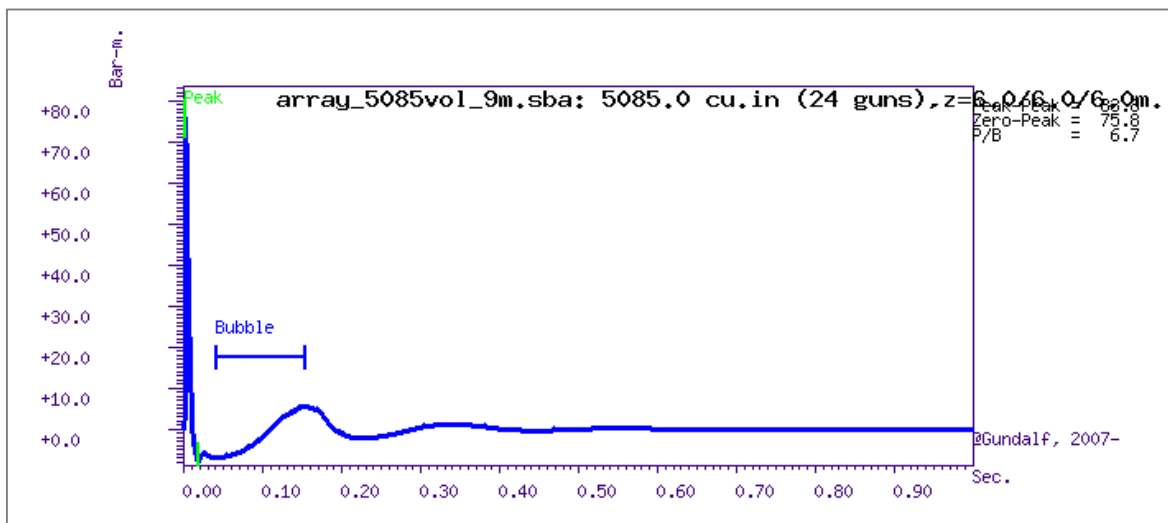
da sobreposição de duas fontes sísmicas (Barcos A e B) distantes 60 Km uma da outra, diante da possibilidade de ocorrência simultânea de operações de aquisição sísmica na Bacia de Campos. Com os resultados foi possível avaliar também as distâncias da fonte sísmica cujos decaimentos sonoros alcançaram a intensidade sonora que induziriam os limiares de exposição para lesão e dano auditivo, reduzindo o efeito cumulativo por sobreposição espacial.

Cabe ressaltar que a probabilidade de o cenário acima ocorrer no mesmo tempo exato é remota, sendo pouco provável que os disparos das fontes das atividades ocorram de forma sincronizada, ou seja, no mesmo instante no tempo. Haverá sempre um intervalo de tempo entre os disparos e seus respectivos decaimentos.

Para análise dos impactos cumulativos e sinérgicos, os limiares para cetáceos expostos a ruídos de pulsos são fixados em 180 dB re 1  $\mu$ Pa rms de nível de pressão sonora (rms SPL), para possível lesão (Nível A), e 160 dB re 1  $\mu$ Pa rms SPL para potencial reação comportamental (Nível B) (NFMS 1995, NMFS 2000 *apud* ZEDDIES *et al.*, 2015; NMFS, 2018). Entretanto, atualmente, a fim de evitar distúrbios temporários em cetáceos (TTS - *Temporary Threshold Shift*), o nível de exposição sonora de 160 dB re: = 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>s é considerado como limite conservador para animais marinhos na presença de atividades de pesquisa sísmica (SOUTHALL *et al.*, 2007).

Os modelos de propagação sonora assumem efetivamente uma fonte de onda contínua. Essa é uma aproximação aceitável para um pulso no caso da métrica SEL, porque a energia que chega em vários caminhos múltiplos será somada.

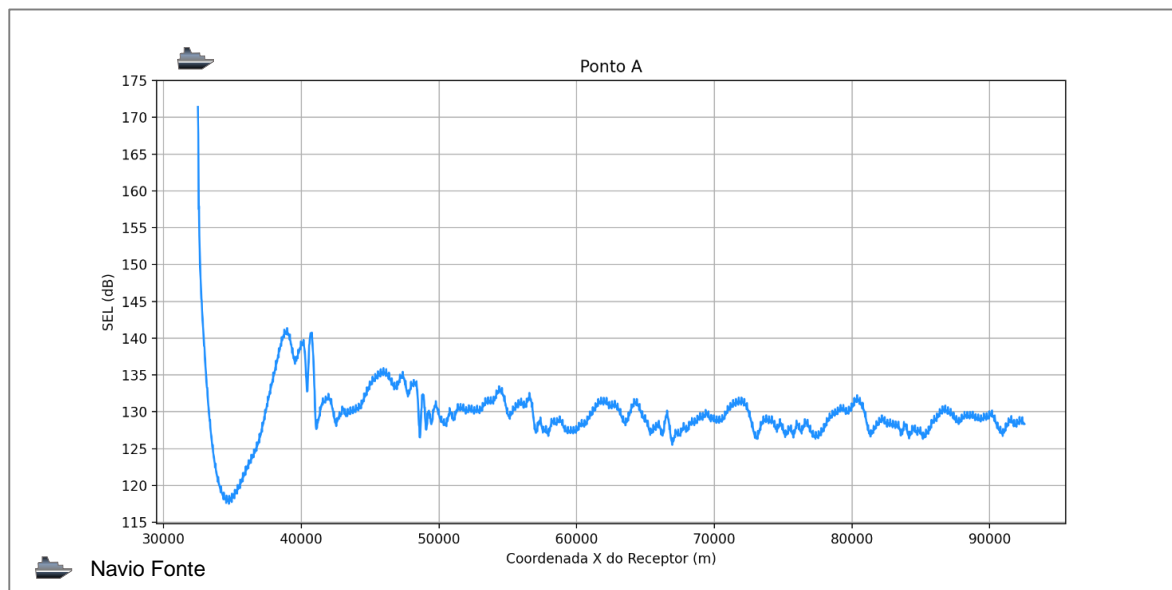
A fonte sísmica característica para a área em estudo está representada na **Figura II.6.5.3-1**. Esta assinatura foi obtida por modelagem, considerando um arranjo de 24 elementos, com volume total de 5.085 polegadas cúbicas e pressão de operação nos canhões de ar comprimido de 2.000 psi. É possível notar que o pico de energia atinge o valor de 75,8 Bar-m.



**Figura II.6.5.3-1** – Característica da Fonte de uma aquisição na área de interesse.  
Fonte: Petrobras, 2021.

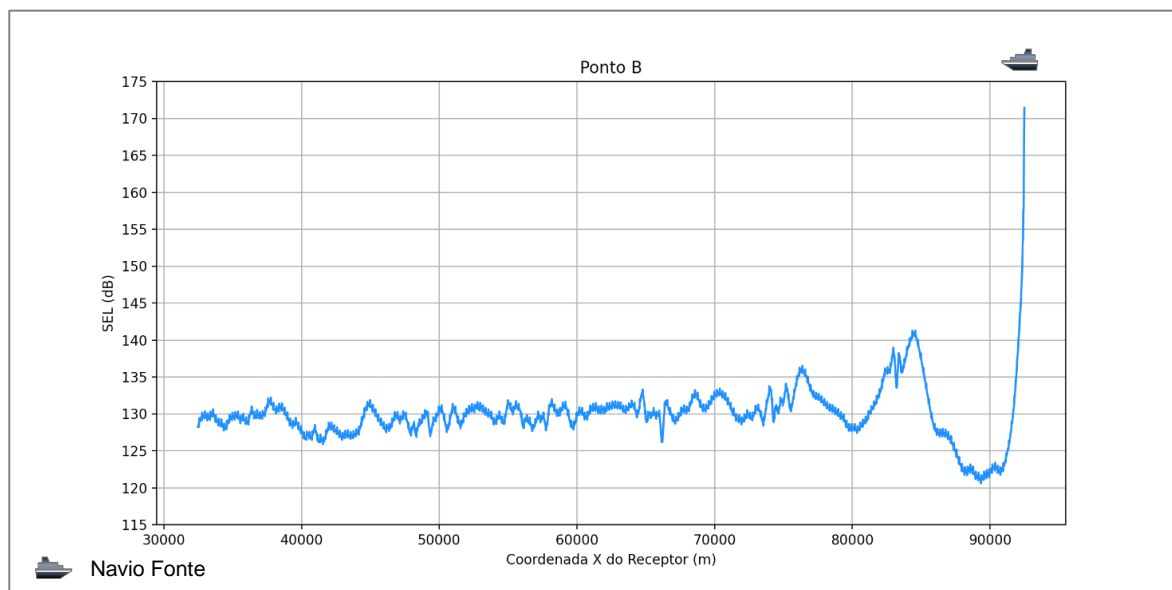
A fim de obter uma curva de decaimento sonoro que represente com fidelidade a atividade de aquisição sísmica, foi realizada a calibração da amplitude dos dados modelados, utilizando como referência um sismograma de um dado real no Campo de Marlim que tem os mesmos parâmetros de aquisição da campanha Cluster BC.

A modelagem realizada para a área da Pesquisa Sísmica Marítima 3D/4D *Streamer* e *Nodes* na Bacia de Campos - Cluster BC, constatou que o nível de exposição sonora na posição das fontes sísmicas (Barco A e B) é de cerca 171 dB, porém, uma forte taxa de atenuação a partir da fonte é percebida em todas as simulações já nos primeiros 5.000m, chegando a valores inferiores a 120 dB. Em seguida, é observada uma elevação abrupta entre 5.000 e 8.000 m de distância, para um nível por volta de 140 dB. A partir dessa distância a curva segue um decaimento mais suave, mantendo-se numa faixa entre 135 e 125 dB até 60 km de distância entre a fonte e o receptor (**Figura II.6.5.3-2** e **Figura II.6.5.3-3**).



**Figura II.6.5.3-2** – Nível de Exposição Sonora (dB) para a situação na qual a fonte está posicionada no Barco A ( $X = 32.500$  m).

Fonte: Petrobras, 2021.

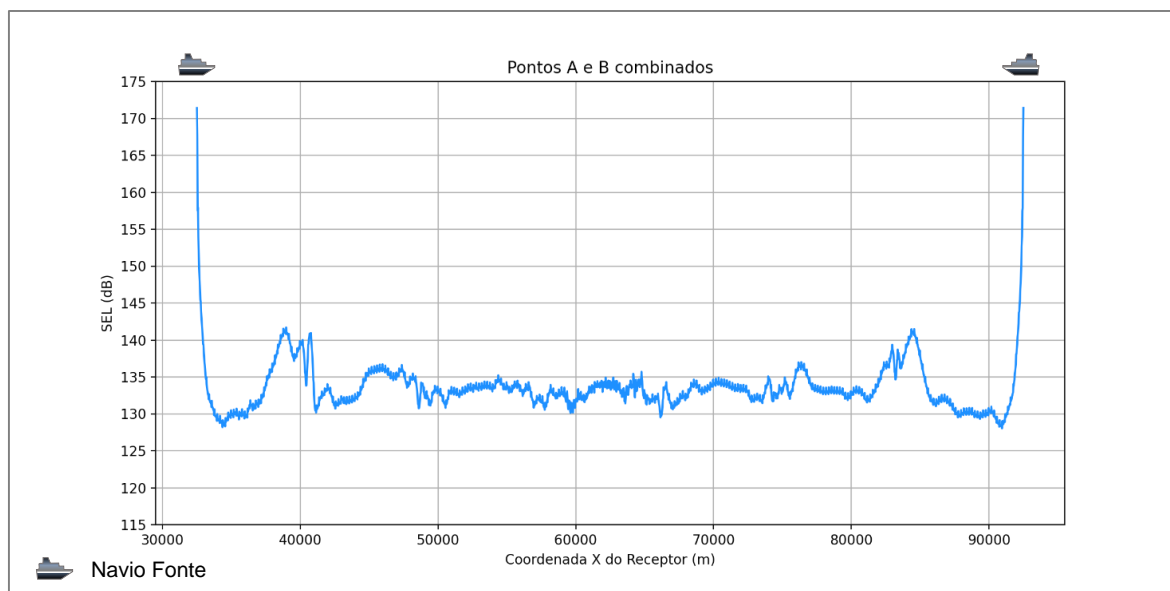


**Figura II.6.5.3-3** – Nível de Exposição Sonora (dB) para a situação na qual a fonte está posicionada no Barco B ( $X = 92.500$  m).

Fonte: Petrobras, 2021.

Quando as duas fontes são disparadas simultaneamente, nos primeiros 5.000 m a partir da posição de cada fonte (em direção ao centro do gráfico) ocorre uma forte taxa de atenuação, chegando a valores inferiores a 130 dB, seguido de uma elevação abrupta entre 5.000 e 8.000 m de distância a partir de cada fonte, para um nível por volta de 140 dB. Nas posições em que a distância mínima entre o

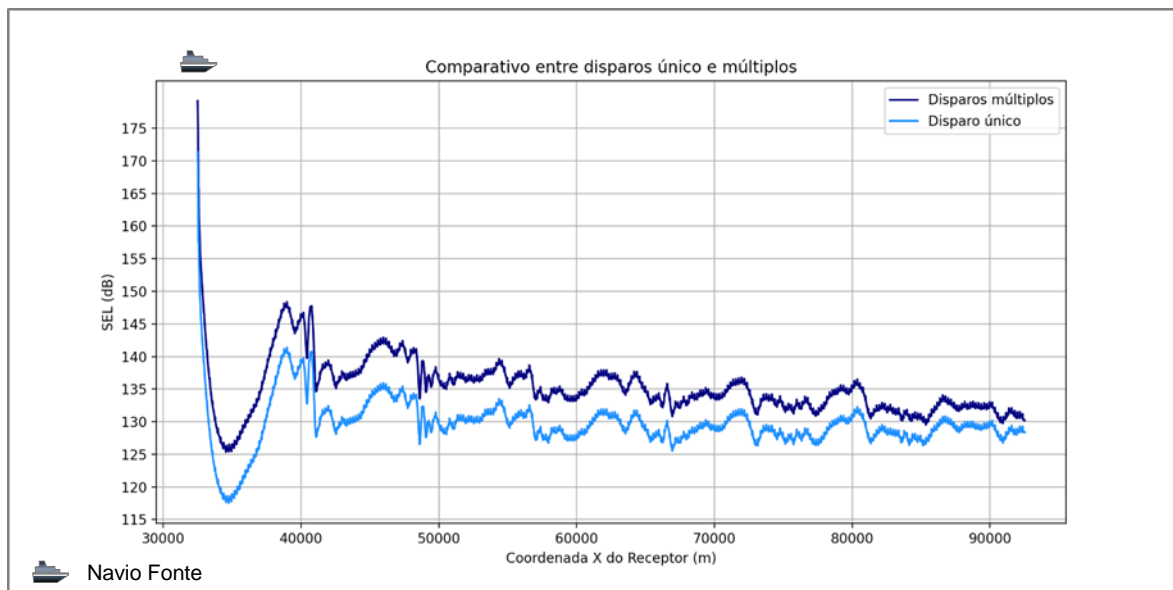
ponto de recepção e qualquer uma das fontes é superior a 10 Km, a curva atinge um patamar relativamente constante, mantendo-se numa faixa entre 130 e 137 dB (**Figura II.6.5.3-4**).



**Figura II.6.5.3-4** – Nível de Exposição Sonora (dB) para a emissão simultânea nos Barcos A ( $X = 32.500$  m) e B ( $X = 92.500$  m).

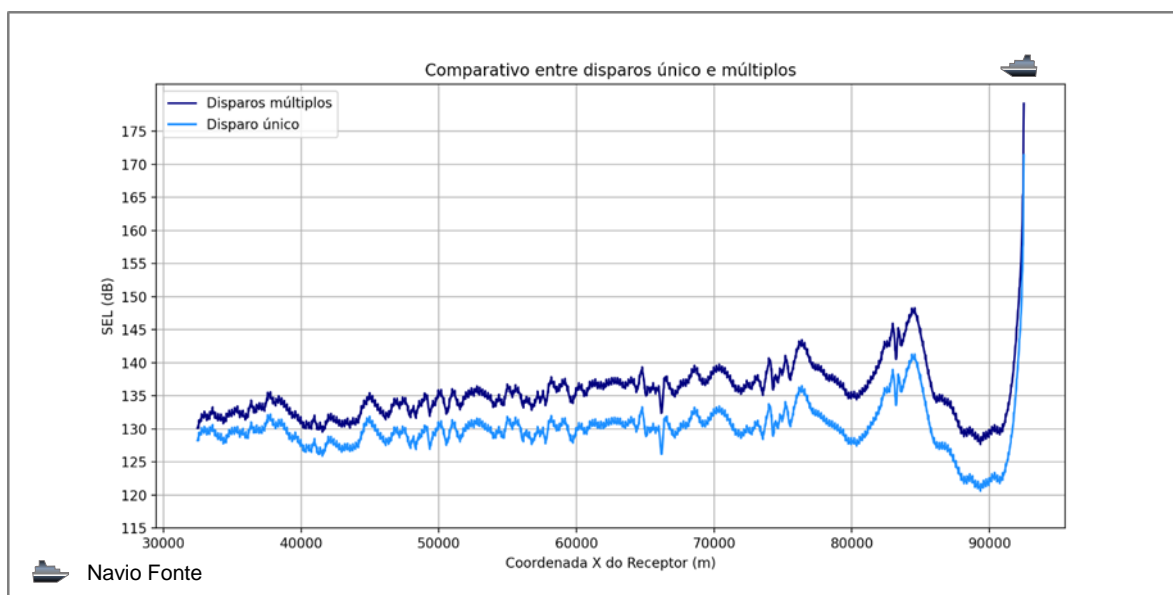
Fonte: Petrobras, 2021.

Considerando o cenário com disparos múltiplos a cada 11s, para simular uma situação mais próxima à realidade operacional de uma campanha de aquisição sísmica, o nível de exposição sonora é de cerca de 178 dB. Nos primeiros 5.000 m a partir da posição da fonte ocorre uma forte taxa de atenuação, chegando a valores inferiores a 126 dB (Barco A) e 130 dB (Barco B), seguido de uma elevação abrupta entre 5.000 e 8.000 m de distância, para um nível por volta de 147 dB (Barco A) e 148 dB (Barco B). A partir dessa distância a curva apresenta um decaimento mais suave, mantendo-se numa faixa entre 145 e 135 dB até 60 km de distância entre a fonte e o receptor (**Figura II.6.5.3-5** e **Figura II.6.5.3-6**).



**Figura II.6.5.3-5** – Nível de Exposição Sonora (dB) para duas condições de emissão da fonte posicionada no Barco A ( $X = 32.500$  m): emissão única e múltiplos disparos em intervalos de 11 s.

Fonte: Petrobras, 2021.

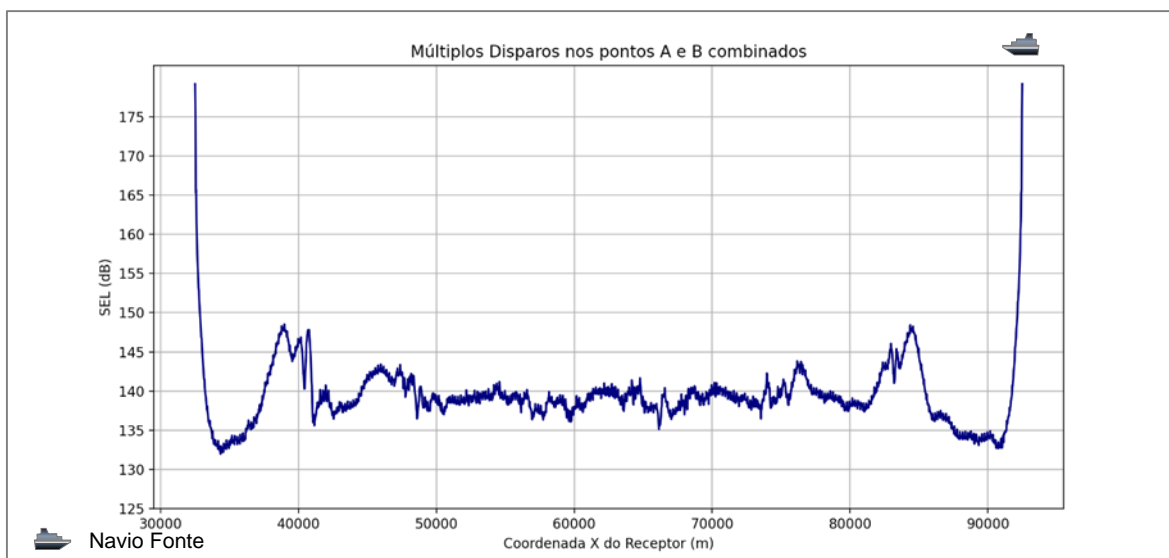


**Figura II.6.5.3-6** – Nível de Exposição Sonora (dB) para duas condições de emissão da fonte posicionada no Barco B ( $X = 92.500$  m): emissão única e múltiplos disparos em intervalos de 11 s.

Fonte: Petrobras, 2021.

Quando as duas fontes são disparadas simultaneamente, nos primeiros 5.000 m a partir da posição de cada fonte (em direção ao centro do gráfico) ocorre uma forte taxa de atenuação, chegando a valores inferiores a 135 dB, seguido de uma elevação abrupta entre 5.000 e 8.000 m de distância a partir de cada fonte, para

um nível por volta de 149 dB. Nas posições em que a distância mínima entre o ponto de recepção e qualquer uma das fontes é superior a 10 Km, a curva atinge um patamar relativamente constante, mantendo-se numa faixa entre 145 e 135 dB (Figura II.6.5.3-7).



**Figura II.6.5.3-7** – Nível de Exposição Sonora (dB) para a emissão sincronizada a cada 11s nos Barcos A (X = 32.500 m) e B (X = 92.500 m).

Fonte: Petrobras, 2021.

As informações resultantes do estudo de decaimento sonoro demonstram que a propagação do som para os cenários de disparo único e múltiplos, sincronizados ou não, decai nos primeiros 5.000m a níveis inferiores aos TTS (Alteração Temporária dos limiares de audição) definido por Southall *et al.* (2007) para Cetáceos (160 dB re: = 1  $\mu$ Pa2s).

Considerando duas atividades operando simultaneamente na distância de 60 km entre cada fonte, tem-se um corredor de 40 km entre as atividades, cuja amplitude sonora é inferior aos limiares de exposição para reação comportamental de 160 dB.

#### II.6.5.4 - Recomendações

A título de recomendação, conforme previsto no Termo de Referência COEXP Nº 10047523, propõem-se a realização de um monitoramento que permita verificar como os cetáceos respondem às perturbações sonoras das atividades de pesquisa

sísmica do Cluster BC. Esta proposta consta no **item II.10.12 – Projeto de Monitoramento de Cetáceos de Águas Profundas por Meio de Telemetria Satelital** do presente estudo ambiental.

## Referências Bibliográficas

BUCKLAND, S.T.; ANDERSON, D.R.; BURNHAM, K.P.; LAAKE, J.L.; BORCHERS, D.L.; THOMAS, L. 2001. Introduction to Distance Sampling. Oxford University Press, Oxford.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). 1986. Resolução CONAMA Nº 01/1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da União (DOU). Brasília, DF, 17 fev. 1986.

CRAIN, C.M; KROEKER, K.; HALPERN, B.S. 2008. Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. Ecology Letters, 11: 1304-1315.

ERBE, C.; REICHMUTH, C.; CUNNINGHAM, K.; LUCKE, K.; DOOLING, R. 2016. Communication masking in marine mammals: A review and research strategy. Marine Pollution Bulletin, 103: 15–38.

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

HALPERN, B. S.; FUJITA, R. 2013. Assumptions, challenges, and future directions in cumulative impact analysis. Ecosphere, 4(10): 1-11.

MCCAULEY, R.D.; J. FEWTRELL; A.J. DUNCAN; C. JENNER; J.D. PENROSE; R.I.T. PRINCE; A. ADHITYA; J. MUDDOCH & K. MCCABE. 2000. 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.

MMS. 2004. 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.

MOONEY, T.A.; YAMATO, M.; BRANSTETTER, B.K. 2012. Hearing in Cetaceans: From Natural History to Experimental Biology. In: Advances in Marine Biology. Volume 63. Elsevier, Amsterdam. Pp. 198-234.

PERRY, C. 1998. A review of the impact of anthropogenic noise on cetaceans. Paper SC50/E9 presented to the Scientific Committee at the 50th Meeting of the International Whaling Commission, 27 April – 9 May 1998, Oman.

PETROBRAS. 2020. Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 4D nos Campos de Roncador e Albacora Leste Bacia de Campos. Processo IBAMA Nº 02001.001612/2017-91. Volume único.

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

PINHEIRO, J.C.; BATES, D.M. 2000. Mixed-effects models in S and S-PLUS. Springer- Verlag, New York.

RICHARDSON, W. J.; GREENE, C. R. J.; MALME, C. I.; THOMSON, D. H. 1995. Marine mammals and noise. Academic Press, San Diego.

SÁNCHEZ, L.E. 2008. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. Oficina de Textos, São Paulo.

SERTLEK, H.O.; SLABBEKOORN, H.; CATE, C.; AINSLIE, M.A. 2019. Source specific sound mapping: Spatial, temporal and spectral distribution of sound in the Dutch North Sea. Environmental Pollution, 247: 1143-1157.

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. 2007. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. Aquatic Mammals, Volume 33, Number 4, pages 411-522.

TYACK, P. L. 1999. Communication and cognition. In: J. E. Reynolds III, Rommel, S. A. (Eds.), Biology of Marine Mammals. Smithsonian Institution Press, Washington and London. Pp. 287-323.

VAN WAEREBEEK, K.; BAKER, A. N.; FÉLIX, F.; GEDAMKE, J.; IÑIGUEZ, M.; SANINO, G.P.; SECCHI, E.; SUTARIA, D.; VAN HELDEN, A.; WANG, Y. 2007. Vessel collisions with small cetaceans worldwide and with large whales in the Southern Hemisphere, na initial assessment. Latin American Journal of Aquatic Mammals, 6(1): 43-69.

WALKER, L.J.; JOHNSTON, J. 1999. Guidelines for the assessment of indirect and cumulative impacts as well as impact interactions. Environment, Nuclear Safety & Civil Protection. European Commission, Luxembourg.

WEILGART, L.S. 2007. The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. Canadian Journal of Zoology, 85(11): 1091-1116.