

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo desta
dissertação será disponibilizado
somente a partir de 25/05/2028.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

PABLO BERNARDO COSTA DAS CHAGAS

**BIOGEOGRAFIA DE CETÁCEOS E AVALIAÇÃO DO BANCO DE DADOS DE
MITIGAÇÃO AMBIENTAL EM OPERAÇÕES SÍSMICAS OFFSHORE NO BRASIL**

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

**RIO CLARO - SP
2026**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

Pablo Bernardo Costa das Chagas

**Biogeografia de cetáceos e avaliação do banco de dados de
mitigação ambiental em operações sísmicas offshore no Brasil**

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Instituto de Geociências e Ciências
Exatas do Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho”, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Geografia.

Orientador: Dayana Almeida

Rio Claro – SP

2026

C433b Chagas, Pablo Bernardo Costa das
Biogeografia de cetáceos e avaliação do banco de dados de
mitigação ambiental em operações sísmicas offshore no Brasil /
Pablo Bernardo Costa das Chagas. -- Rio Claro, 2026
107 p. : tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientadora: Dayana Almeida

1. Biogeografia. 2. Georreferenciamento. 3. Monitoramento
Ambiental. 4. Sísmica Offshore. 5. Cetáceos. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa contribui para ampliar o conhecimento sobre a distribuição espacial e temporal dos cetáceos no Brasil, utilizando dados provenientes de operações sísmicas offshore. Além disso, avalia a qualidade e as limitações do banco de dados SIMMAM, identificando falhas de preenchimento, padronização e georreferenciamento. Os resultados podem auxiliar no aprimoramento da coleta, organização e análise desses dados, tornando-os mais confiáveis para pesquisas científicas, ações de monitoramento ambiental e tomadas de decisão relacionadas à conservação dos cetáceos e à gestão das atividades offshore no país.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research contributes to expanding knowledge of the spatial and temporal distribution of cetaceans in Brazil using data obtained from offshore seismic operations. It also assesses the quality and limitations of the SIMMAM database by identifying issues related to data entry, standardisation, and georeferencing. The results may support improvements in the collection, organisation, and analysis of these data, making them more reliable for scientific research, environmental monitoring activities, and decision-making related to cetacean conservation and the management of offshore activities in Brazil.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

Pablo Bernardo Costa das Chagas

BIOGEOGRAFIA DE CETÁCEOS E AVALIAÇÃO DO BANCO DE DADOS DE MITIGAÇÃO AMBIENTAL EM OPERAÇÕES SÍSMICAS OFFSHORE NO BRASIL

Dissertação de Mestrado
apresentada ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas do
Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, como
parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Geografia.

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Dayana Almeida
IGCE / UNESP / Rio Claro (SP)

Profa. Dra. Eliziane Carla Scariot
IFSP / Matão (SP)

Prof. Dr. Luiz Eduardo Moschini
UFSCar / São Carlos (SP)

Conceito: Aprovado.

Rio Claro (SP), 25 de maio de 2026.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Rio Claro, pela estrutura acadêmica e institucional que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

À Dra. Dayana Almeida, que contribuiu diretamente para a construção deste estudo, deixo meu reconhecimento.

Por fim, agradeço à minha família Arthur, Gael e Angélica, pela compreensão e pela paciência ao longo de todo o processo. A eles destino toda a energia que me resta, pois é por eles e para eles que cada esforço encontra sentido.

RESUMO

Na extensa e biodiversa região marinha brasileira, as atividades sísmicas representam um elemento estratégico para o setor offshore, ao mesmo tempo em que constituem uma importante fonte de impacto acústico sobre a fauna marinha, em particular sobre os cetáceos, tornando o licenciamento ambiental conduzido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) central para a regulação e mitigação desses impactos. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar, em escala nacional, os padrões espaciais e metodológicos dos registros de cetáceos provenientes do banco de dados Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Marinhos (SIMMAM), avaliando a eficiência e a complementaridade dos métodos de monitoramento visual e acústico, bem como a qualidade das informações geradas no âmbito do licenciamento ambiental de atividades sísmicas offshore no Brasil. Os resultados evidenciam que ambos os métodos apresentam desempenhos comparáveis em termos de detecção de cetáceos, ressaltando seu caráter complementar na mitigação de impactos, além de permitirem a identificação de padrões consistentes de distribuição espacial das espécies. Adicionalmente, foram observadas limitações relacionadas à padronização e à qualidade dos dados, destacando a importância de protocolos operacionais robustos e da integração entre diferentes abordagens de monitoramento. De forma geral, o estudo demonstra o potencial do SIMMAM como base científica para análises biogeográficas em larga escala e como ferramenta de apoio à gestão ambiental e à conservação de cetáceos na região marinha brasileira.

Palavras-chave: biogeografia; georreferenciamento; monitoramento ambiental; sísmica offshore; cetáceos.

ABSTRACT

In Brazil's extensive and biodiverse marine region, seismic activities represent a strategic component of the offshore sector, while also constituting an important source of acoustic impact on marine fauna, particularly cetaceans. This makes the environmental licensing process conducted by the Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources (IBAMA) central to the regulation and mitigation of these impacts. In this context, this study aimed to analyse, at a national scale, the spatial and methodological patterns of cetacean records from the Marine Mammal Monitoring Support System (SIMMAM) database, evaluating the efficiency and complementarity of visual and acoustic monitoring methods, as well as the quality of the information generated within the environmental licensing process for offshore seismic activities in Brazil. The results show that both methods present comparable performance in terms of cetacean detection, highlighting their complementary role in impact mitigation, while also allowing the identification of consistent patterns in the spatial distribution of species. Additionally, limitations related to data standardisation and quality were observed, emphasising the importance of robust operational protocols and the integration of different monitoring approaches. Overall, this study demonstrates the potential of SIMMAM as a scientific basis for large-scale biogeographical analyses and as a support tool for environmental management and cetacean conservation in the Brazilian marine region.

Keywords: biogeography; georeferencing; environmental monitoring; offshore seismic surveys; cetaceans.

Title: Cetacean Biogeography and Assessment of an Environmental Mitigation Database for Offshore Seismic Survey Operations in Brazil

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	6
CAPÍTULO 1 – Limites e Fragilidades do repositório SIMMAM: implicações para o monitoramento de cetáceos no Brasil	17
1.1 Introdução.....	17
1.2 Metodologia de análise dos registros SIMMAM.....	19
1.3 Resultados e análise dos dados.....	24
1.3.1 Licenças de Pesquisa Sísmica (LPS) e sua compilação no SIMMAM	24
1.3.2 Registros por tipo de observação	31
1.3.3 Lacunas de informação e padronização	40
1.4 Discussão Crítica	48
1.5 Considerações Finais do Capítulo	49
CAPÍTULO 2 – Análise espacial dos registros de cetáceos na sísmica offshore.....	54
2.1 Introdução.....	54
2.2 Metodologia.....	59
2.3 Resultados e análise dos dados.....	61
2.3.1 Caracterização geral dos registros de cetáceos no Brasil.....	61
2.3.2 Diversidade por família e por espécie	66
2.3.3 Distribuição espacial das espécies	71
2.3.4. <i>Megaptera novaeangliae</i> – Baleia-jubarte	74
2.3.5 <i>Stenella attenuata</i> – Golfinho-pintado-pantropical	80
2.3.6 <i>Physeter macrocephalus</i> – Cachalote.....	87
2.4 Discussão	93
2.5 Considerações finais do capítulo.....	95
CONCLUSÃO GERAL	96
REFERÊNCIAS	100

INTRODUÇÃO GERAL

A biogeografia constitui um campo integrador dedicado ao estudo da distribuição das espécies e dos ecossistemas no espaço geográfico e ao longo do tempo geológico. Essa distribuição não ocorre de forma aleatória, mas responde a diferentes gradientes ambientais e geográficos, como latitude, elevação, isolamento, extensão da área disponível e disponibilidade de habitat. Nesse sentido, os padrões biogeográficos refletem a interação entre processos ecológicos, evolutivos e históricos, sendo influenciados tanto por condições ambientais atuais quanto por transformações ocorridas ao longo da história da Terra. Por essa razão, a biogeografia articula conhecimentos da ecologia, biologia evolutiva, taxonomia, geologia, geografia física, paleontologia e climatologia, permitindo compreender como os organismos se distribuem, persistem, se dispersam ou se restringem em determinados ambientes (COX *et al.*, 2010).

A biogeografia fundamenta-se na análise de processos históricos e ecológicos que explicam a distribuição dos organismos no espaço e no tempo, com destaque para a evolução, a extinção e a dispersão. A evolução corresponde a transformações genéticas irreversíveis nas populações ao longo do tempo, enquanto a extinção representa a eliminação definitiva de uma espécie do planeta. A dispersão, por sua vez, refere-se ao deslocamento, colonização e estabelecimento de populações em novas regiões geográficas, constituindo um mecanismo essencial para compreender a formação e a reorganização dos padrões biogeográficos (THORROLD, 2006).

Entre esses processos, a dispersão assume papel central, pois permite interpretar como diferentes organismos alcançam, ocupam ou deixam de ocupar determinadas áreas. Muitas distribuições atuais podem ser explicadas pela capacidade das populações de se movimentarem e se estabelecerem em novos ambientes, processo frequentemente condicionado por barreiras geográficas, ecológicas e ambientais. Dessa forma, compreender como essas barreiras limitam ou favorecem o movimento das espécies é fundamental para explicar a configuração espacial da biodiversidade no planeta (PALUMBI, 2004; LOWRY, 2012; PRATT *et al.*, 2018).

Considerando que a dispersão das espécies é condicionada por barreiras geográficas, disponibilidade de habitat e características ambientais regionais, os ambientes marinhos costeiros e oceânicos tornam-se espaços fundamentais para a análise biogeográfica. No caso do Atlântico Sul, a costa brasileira assume particular relevância por abranger uma ampla extensão latitudinal, diferentes condições oceanográficas e uma diversidade de habitats que podem influenciar os padrões de ocorrência, deslocamento e concentração de organismos marinhos, incluindo os cetáceos.

A costa atlântica brasileira possui aproximadamente 7.491 km de extensão e corresponde à mais longa do Atlântico Sul. Essa região integra a chamada “Amazônia Azul”, denominação atribuída à vasta área marítima sob jurisdição nacional, que inclui o mar territorial, a Zona Econômica Exclusiva e a plataforma continental, podendo alcançar cerca de 5,7 milhões de km² com a extensão legal da plataforma continental. Assim, a Amazônia Azul constitui não apenas um espaço estratégico do ponto de vista político e econômico, mas também uma área de grande relevância ecológica e biogeográfica para a compreensão da distribuição da biodiversidade marinha no Brasil (AGÊNCIA MARINHA, 2025; ABDENUR, 2013).

Essa área abriga zonas estratégicas de exploração de petróleo e gás natural, como a Bacia de Santos, que em 2023 foi responsável por cerca de 74% da produção de petróleo e 75% da produção de gás natural do país (ANP, 2023). Além da relevância energética, a área marítima nacional é fundamental para o comércio exterior, uma vez que aproximadamente 98,6% das exportações e 88,9% das importações brasileiras em valor são realizadas por via marítima (ABDENUR, 2013). Dessa forma, a atuação do Brasil no Atlântico Sul envolve não apenas a exploração de recursos naturais, mas também a defesa da soberania e a consolidação de parcerias internacionais, em especial com países da América do Sul e da África, visando segurança marítima, integração econômica e proteção ambiental (MEDEIROS, 2017).

A Bacia de Santos destaca-se como uma das principais áreas econômicas e energéticas do país em função da exploração de petróleo e gás natural, especialmente após a descoberta de grandes reservatórios na camada pré-sal. Em 2023, a bacia concentrou 74,08% da produção nacional de petróleo e 75,34% da produção nacional de gás natural, consolidando-se como uma das regiões mais produtivas do Brasil em termos de hidrocarbonetos (ANP, 2023; MOREIRA *et al.*,

2007; OLIVEIRA *et al.*, 2016). Suas atividades incluem a perfuração de poços submarinos, a operação de plataformas offshore e a produção em larga escala de petróleo e gás, ao mesmo tempo em que a região também se constitui como espaço relevante para pesquisas científicas associadas à geologia, oceanografia e biologia marinha (SILVA, 2019).

Nas últimas décadas, a demanda global por energia tem apresentado um crescimento expressivo, impulsionando a intensificação da exploração de hidrocarbonetos nos ambientes marinhos. Esse cenário ocorre mesmo diante da crescente conscientização internacional sobre a importância da conservação ambiental e dos riscos que as atividades humanas representam à qualidade dos ecossistemas naturais (DOUVERE, 2008; KID *et al.*, 2011).

A prospecção sísmica constitui uma das principais técnicas empregadas na busca por reservas de hidrocarbonetos no ambiente marinho, sendo amplamente utilizada para mapear as formações geológicas abaixo do fundo oceânico. Esse método geofísico tem ganhado destaque em razão da crescente demanda energética mundial, que pressiona a expansão da exploração *offshore* (RAMOS, 2012; KEAREY, 2013; SPEIGHT, 2015). Essa intensificação ocorre paralelamente a uma crescente preocupação com os impactos ambientais decorrentes das atividades humanas nos oceanos.

A operação sísmica é conduzida, geralmente, por embarcações equipadas com fontes artificiais de energia sonora, conhecidas como *airguns* (canhões de ar comprimido). Esses dispositivos liberam volumes específicos de ar comprimido em alta pressão na coluna d'água, criando bolhas que se expandem e colapsam rapidamente, gerando pulsos sonoros intensos (HAWKINS *et al.*, 2009). As ondas geradas penetram no fundo marinho e são refletidas nas interfaces entre diferentes camadas geológicas. Tais reflexões são captadas por sensores denominados hidrofones, dispostos ao longo de cabos chamados *streamers*. A partir da análise desses sinais, é possível obter imagens sísmicas detalhadas das formações subterrâneas, permitindo a identificação e a caracterização de possíveis reservatórios de petróleo e gás.

Além de sua importância econômica, o estudo sísmico representa um instrumento essencial para o planejamento estratégico das atividades *offshore*. Ele permite a redução de riscos operacionais, ao evitar perfurações desnecessárias, otimiza o posicionamento de poços e contribui para decisões mais precisas em

investimentos e gestão ambiental. Paralelamente, também desempenha um papel relevante na pesquisa científica, ampliando o conhecimento sobre a geologia submarina e os processos físicos que ocorrem nos ambientes oceânicos (SILVA, 2019).

No entanto, a intensificação dessas atividades tem levantado preocupações ambientais cada vez maiores. O uso de fontes sonoras de alta intensidade no ambiente marinho contribui significativamente para o aumento do ruído subaquático de origem antrópica (HILDEBRAND, 2009; ANDRÉ *et al.*, 2011). Entre as diversas fontes de poluição acústica nos oceanos, a prospecção sísmica é apontada como uma das mais impactantes, especialmente sobre a fauna marinha.

Mamíferos marinhos, como baleias e golfinhos, que dependem da comunicação acústica para navegação, alimentação e interação social, podem ter seus comportamentos profundamente alterados diante da presença de ruídos intensos e contínuos. Os impactos potenciais incluem desde mudanças de rota, interrupção de atividades essenciais e afastamento de áreas de alimentação, até casos extremos como encalhes e danos fisiológicos provocados pelo estresse acústico (MOORE *et al.*, 2012; NOWACEK *et al.*, 2013; EVANS, 2015; NATARAJAN, 2025).

Diante desses riscos, diversas medidas de mitigação têm sido propostas e implementadas em operações sísmicas. Entre elas estão a adoção de zonas de exclusão, a varredura prévia da área com suspensão temporária (*delay*) das atividades em caso de avistamentos ou detecções de mamíferos marinhos. O objetivo dessas ações é minimizar os impactos sobre os organismos sensíveis e garantir maior compatibilidade entre a exploração de recursos e a conservação dos ecossistemas marinhos (BARROS, 2020).

As atividades de aquisição sísmica marinha seguem uma sequência operacional padronizada que visa otimizar a coleta de dados geofísicos ao mesmo tempo em que incorpora medidas de mitigação ambiental. Inicialmente, é realizada a varredura pré-operacional (*pre-watch*), que consiste em uma medida de mitigação ambiental destinada à verificação da presença de espécies marinhas na área de influência acústica da operação. Essa etapa tem como objetivo assegurar que não haja indivíduos em zona potencial de risco antes do início das atividades. Posteriormente, é realizado o procedimento de aumento gradual das fontes sonoras (*soft start* ou *ramp up*), no qual os canhões de ar comprimido (*airguns*) são acionados

gradualmente até alcançar o nível máximo de pressão e volume sonoro, denominado potência total (*full power*). Durante a aquisição, a embarcação segue linhas de prospecção pré-definidas (*in line*), emitindo pulsos acústicos de alta energia que penetram nos sedimentos marinhos para registrar a estrutura geológica. Ao final de cada linha, ocorre a manobra de reposicionamento (*end of line*), seguida pela retomada da atividade na linha subsequente (*change of line*), como observado na figura 1. Esses processos se repetem continuamente ao longo da campanha, que pode durar semanas ou meses, dependendo da área e do desenho sísmico. Tais operações, embora essenciais para a exploração de petróleo e gás, produzem níveis elevados de ruído subaquático, o que demanda a aplicação de protocolos rigorosos de monitoramento e mitigação para reduzir riscos à fauna marinha (IBAMA, 2018; PAULO, 2020; FORO MAR PATAGÓNICO, 2022).

Portanto, a pesquisa sísmica representa um instrumento de extrema relevância para o setor energético *offshore*, mas também impõe desafios significativos à conservação da biodiversidade marinha. Sua realização demanda um equilíbrio constante entre o progresso tecnológico e a responsabilidade socioambiental, exigindo aprimoramento contínuo de técnicas, legislações e práticas mitigatórias (DOUVERE, 2008; KID *et al.*, 2011).

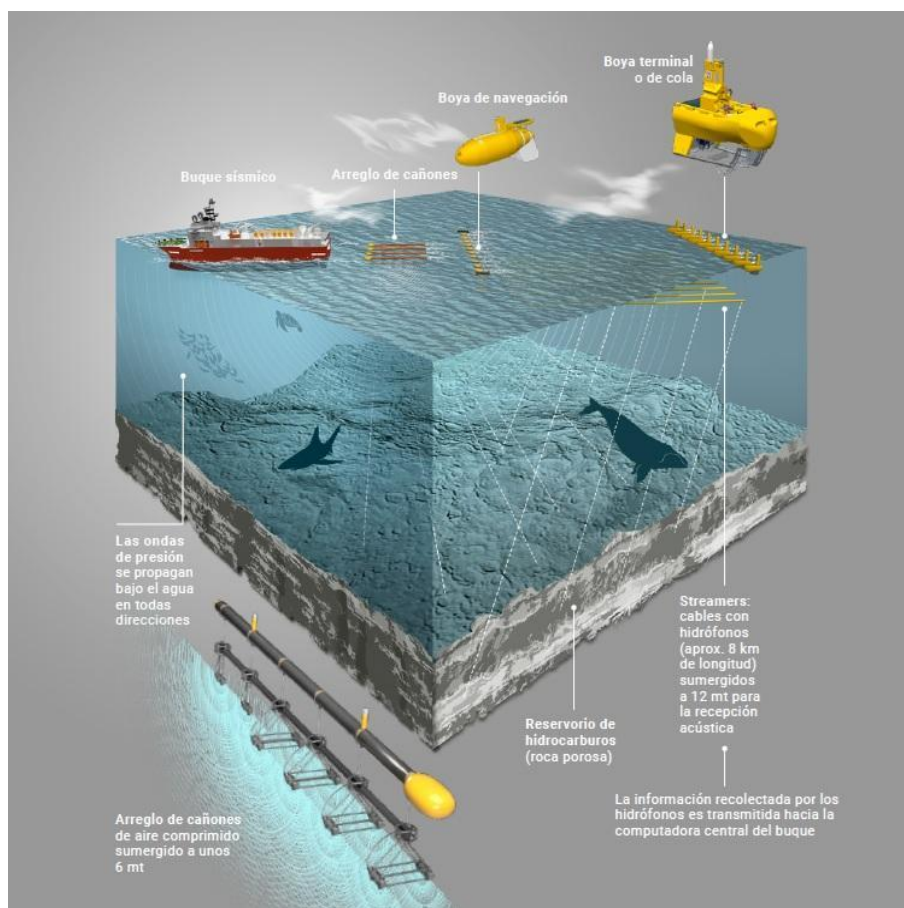


Figura 1 – Demonstração de como ocorre a produção sísmica e a interação com a fauna marinha. (Fonte: Riesgos e impactos de la prospección sísmica en el Mar Argentino, 2022)

Diante disso, torna-se urgente compreender e mitigar os efeitos acústicos das atividades industriais, em especial a prospecção sísmica, sobre ecossistemas marinhos. Diversos países pioneiros estabeleceram diretrizes específicas para reduzir os impactos acústicos de levantamentos sísmicos sobre mamíferos marinhos. No Reino Unido, o *Joint Nature Conservation Committee* (JNCC) publicou em 1995-1998 os primeiros “*Guidelines for minimising acoustic disturbance to marine mammals from seismic surveys*”, definindo um guia com zonas de exclusão, observadores treinados chamados de *Marine Mammal Observer* (MMO) e práticas como o *pre-watch* e *soft start*, voltadas à prevenção de lesões auditivas e distúrbios comportamentais (WRIGHT, 2015; JNCC, 2025). Essas normas internacionais evoluíram nas décadas seguintes, mas mantiveram a base de mitigação acústica pautada em precaução e monitoramento efetivo (JNCC, 2009; JNCC, 2025).

Nos Estados Unidos, os *Protected Species Observers* (PSO) cumprem função semelhante, sendo responsáveis pelo registro detalhado de ocorrências, incluindo distâncias entre animais e a fonte acústica, comportamento observado,

eventos de paralisação das operações e retomada gradual. Esse modelo contribuiu para maior transparência e refinamento das medidas de mitigação (NOAA, 2017).

No Brasil, O IBAMA adota diretrizes ambientais consideradas rigorosas no contexto internacional, instituiu em 2018 o “Guia de Monitoramento da Biota Marinha em Pesquisas Sísmicas Marítimas”. Esse documento formalizou medidas rigorosas de mitigação e monitoramento de mamíferos marinhos em levantamentos sísmicos e, desde então, vem sendo aprimorado, consolidando um dos regimes ambientais mais avançados do mundo nessa área (IBAMA, 2018).

O Guia do IBAMA define a varredura mínima de 30 minutos, com a área de exclusão com o raio de 1.000 metros, o aumento gradual e o desligamento das fontes sonoras (*shutdown*) como condicionantes ambientais para as Licenças de Pesquisa Sísmica (LPS), padronizando também os registros dos *Marine Mammal Observer* (MMO) e *Passive Acoustic Monitoring* (PAM). É relevante destacar que o Brasil figura entre os poucos países que determinam o *shutdown* (desligamento) imediato das fontes sísmicas sempre que há avistagem ou detecção de um animal marinho dentro da exclusão e ou área de mitigação, independentemente do estágio da operação. Essa medida difere de outras regulamentações internacionais, nas quais a mitigação costuma ser aplicada apenas antes do alcance do *full power*, permitindo que, uma vez atingida a potência máxima, a atividade sísmica prossiga sem interrupções.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) desempenha papel central na regulamentação e fiscalização das atividades sísmicas no Brasil, estabelecendo diretrizes e condicionantes ambientais que devem ser cumpridas para a obtenção das autorizações necessárias. Entre essas exigências, destaca-se a obrigatoriedade da presença de equipe ambiental a bordo das embarcações sísmicas, composta por PAM e MMO. Esses profissionais, geralmente com formação na área ambiental, são responsáveis pela execução dos procedimentos de mitigação e pela coleta sistemática de dados, conforme as orientações previstas no Guia de Monitoramento da Biota Marinha em Pesquisas Sísmicas Marítimas (IBAMA, 2018). O órgão também realiza inspeções e fiscalizações para verificar o cumprimento dessas medidas e, em caso de não conformidades, pode aplicar sanções às empresas responsáveis, assegurando que as operações ocorram de maneira ambientalmente responsável e em conformidade com a legislação vigente.

O Operador PAM (*Passive Acoustic Monitoring*) é responsável por operar sistemas de monitoramento acústico, que consistem em hidrofones submersos na

água que detectam a presença de mamíferos marinhos por meio de seus sons naturais, como os cantos de baleias ou os cliques de golfinhos. O PAM atua para detectar a presença dessas espécies antes do início das operações sísmicas e, quando mamíferos marinhos são detectados dentro de uma zona de influência pré-determinada, as atividades sísmicas são suspensas temporariamente para evitar potenciais impactos negativos (Figura 2).

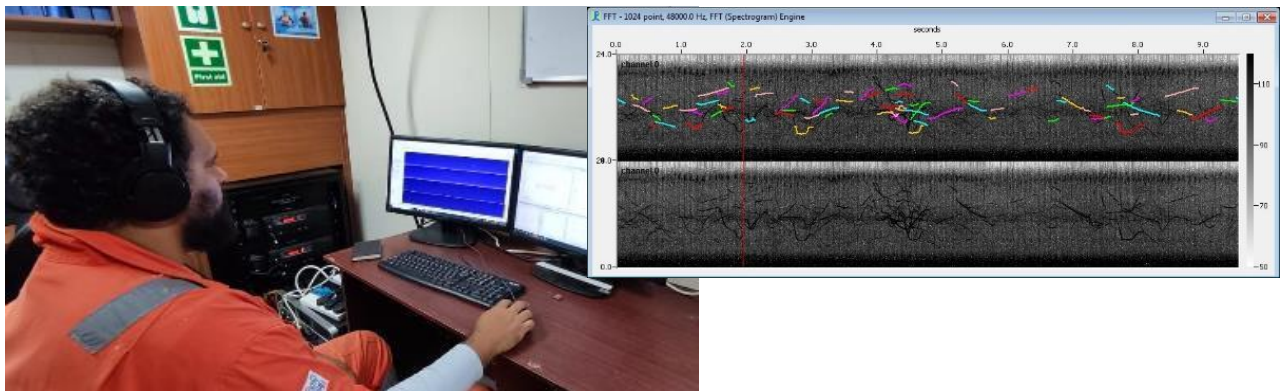


Figura 2 – Através de sons naturais emitidos por mamíferos marinhos o Operador PAM (*Passive Acoustic Monitoring*), identifica a presença dos animais próximos a embarcação sísmica. (Fonte: acervo particular)

O MMO (*Marine Mammal Observer*), monitora visualmente a área de mitigação em busca de animais marinhos, incluindo baleias, golfinhos, focas e tartarugas marinhas, registrando todas as observações. Quando um animal marinho passível de mitigação é avistado em proximidade a embarcação sísmicas ou de suas fontes sonoras, o MMO pode recomendar a suspensão das atividades ou a adoção de medidas de mitigação, como o desligamento das fontes sonoras. O trabalho conjunto do Operador PAM e do MMO é fundamental para garantir que as operações sísmicas sejam realizadas de forma responsável e em conformidade com regulamentações ambientais (Figura 3).



Figura 3 – Monitoramento visual da área em busca de mamíferos marinhos realizado pelo MMO (*Marine Mammal Observer*). (Fonte: <https://www.thebdri.comspecies.html>)

Em ambas atividades realizadas pelos profissionais a bordo, as ocorrências são coletadas em um modelo de ficha de registros pré-estabelecido, contendo as seguintes informações: evento, horário, transecção, *waypoint*, latitude, longitude, espécie, código ID, tamanho do grupo, filhotes, observador, pista de detecção, meio de detecção, parâmetros climáticos, visibilidade e milhas náuticas percorridas. Essas informações subsidiam a execução das medidas mitigatórias e o processo de fiscalização ambiental, efetuada pelo IBAMA. Entretanto, embora MMO e PAM integrem o mesmo sistema de monitoramento, os dois métodos apresentam diferenças operacionais relevantes quanto ao modo de detecção, período de esforço, dependência ambiental, capacidade de identificação e potencial de registro das ocorrências (Tabela 1).

Tabela 1 – Contextualização comparativa entre os aspectos operacionais do monitoramento visual (MMO), e do monitoramento acústico passivo (PAM).

Aspectos de monitoramento	MMO	PAM
Período de esforço	Diurno, condicionado à luz natural	Diurno e noturno, com possibilidade de operação contínua
Identificação taxonômica	Maior capacidade de identificação visual da espécie	Limitada, dependente do tipo e da qualidade da vocalização
Dependência de visibilidade	Alta	Nenhuma
Dependência climática	Alta, especialmente em chuva, neblina e estado do mar elevado	Menor, embora possa ser afetado por ruído ambiental e operacional
Grupos detectáveis	Cetáceos, quelônios, pinípedes, aves e outros organismos visíveis em superfície	Principalmente cetáceos vocalmente ativos
Limitação principal	Restrito à superfície, à luz natural e às condições visuais	Depende da emissão de vocalizações e da qualidade do sinal acústico

Contribuição para mitigação	Permite confirmação visual, identificação da espécie, comportamento e distância aparente	Amplia a detecção em períodos noturnos ou de baixa visibilidade
-----------------------------	--	---

O Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Marinhos (SIMMAM) foi criado para integrar e disponibilizar dados coletados durante atividades de pesquisa, monitoramento e licenciamento ambiental no Brasil. No caso das atividades de prospecção sísmica, os observadores (MMO) e operadores (PAM) registram as ocorrências de avistagens e detecções acústicas durante as campanhas, de acordo com os protocolos estabelecidos nos Licenças de Pesquisa Sísmica (LPS) emitidos pelo IBAMA. Esses registros incluem informações sobre espécies, localização georreferenciada, número de indivíduos, condições ambientais e medidas mitigadoras adotadas. Após a finalização da campanha, as empresas licenciadas encaminham os relatórios técnicos ao IBAMA, que, por meio de acordos de cooperação com a UNIVALI, insere e organiza esses dados dentro da base do SIMMAM (BRITTO, 2009; BARRETO *et al.*, 2012; CABRAL & BARRETO, 2022).

Após esse processo, o SIMMAM atua como o repositório central de informações sobre mamíferos marinhos no Atlântico Sul no Brasil, reunindo dados de encalhes, avistagens, capturas incidentais e monitoramentos sísmicos em uma plataforma digital e georreferenciada. O sistema, em sua versão atual (SIMMAM 3.0), armazena mais de 44 mil registros e está integrado a padrões internacionais de interoperabilidade, como o DarwinCore, possibilitando o intercâmbio com portais globais de biodiversidade. Sua função principal é fornecer suporte técnico e científico ao processo de licenciamento ambiental, permitindo ao IBAMA e ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) acesso imediato aos registros, além de disponibilizar informações consolidadas para a comunidade acadêmica e fomentar colaborações entre instituições. Dessa forma, o SIMMAM transforma dados antes restritos a relatórios em um instrumento dinâmico para a gestão ambiental, a conservação de cetáceos e a tomada de decisão em políticas públicas (BARRETO *et al.*, 2012; CABRAL & BARRETO, 2022).

O georreferenciamento das ocorrências permite mapear precisamente onde as espécies de cetáceos são avistadas e detectadas durante as pesquisas sísmicas. Isso resulta em mapas de distribuição geográfica que identificam áreas de maior concentração e áreas de menor presença dessas espécies. Esses mapas são

cruciais para a gestão e monitoramento das populações, bem como para a identificação de áreas de importância ecológica que podem requerer proteção especial. Além disso, ao combinar esses dados geográficos com informações climáticas, é possível entender como os padrões climáticos e sazonais afetam a distribuição dos cetáceos na região. Isso ajuda a explicar por que certas áreas podem ser mais frequentemente utilizadas por essas espécies em determinadas épocas do ano.

A compreensão da estrutura populacional e dos requerimentos ecológicos das populações é fundamental para o sucesso das estratégias de conservação e mitigação dos impactos antropogênicos (EVANS & GATES, 1997; FREDRIKSSON & NIJMAN, 2004). Além disso, informações ecológicas relacionadas às populações de cetáceos desempenham um papel crucial na identificação e definição de zonas prioritárias de conservação marinha (BAILEY & THOMPSON, 2009; DRANSFIELD *et al.*, 2014; DAY, 2016) e na compreensão de como atividades humanas podem afetar a interação das espécies com o ambiente (TARDIN *et al.*, 2020).

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar, em escala nacional, os registros de cetáceos disponibilizados pelo SIMMAM, investigando seus padrões espaciais e temporais e avaliando a contribuição dos métodos de monitoramento visual e acústico para a mitigação de impactos associados às atividades sísmicas offshore no Brasil. A análise considera que o potencial científico e técnico desse banco depende não apenas do volume de registros reunidos, mas também da qualidade, padronização, completude e organização das informações disponíveis. Assim, ao examinar a estrutura dos dados, os campos registrados, as lacunas de preenchimento e a distinção entre registros visuais e acústicos, busca-se identificar as possibilidades de uso do SIMMAM como fonte de informação biogeográfica, bem como suas limitações para o planejamento ambiental, a fiscalização e o fortalecimento das políticas de conservação marinha.

CONCLUSÃO GERAL

O presente trabalho buscou compreender a biogeografia dos cetáceos em águas jurisdicionais brasileiras, a partir da análise integrada dos registros disponíveis no banco de dados SIMMAM. A sistematização desses dados, ainda que marcada por limitações metodológicas e lacunas de padronização, possibilitou avançar no conhecimento sobre padrões espaciais e temporais de ocorrência, contribuindo para

o debate científico sobre os impactos das atividades sísmicas offshore na fauna marinha.

Os resultados evidenciaram a expressiva representatividade de algumas espécies, em especial *Megaptera novaeangliae*, *Stenella attenuata* e *Physeter macrocephalus*, que se destacaram tanto em número de registros quanto em quantidade estimada de indivíduos. Essas espécies demonstraram padrões distintos de ocorrência.

A distinção entre registros obtidos por MMO e PAM revelou avanços recentes no monitoramento acústico, ainda que limitado pela ausência de campos específicos no SIMMAM para detalhamento das detecções acústicas. Essa lacuna restringe a avaliação mais profunda da eficiência entre os métodos, embora análises preliminares indiquem que ambos são complementares e necessários para uma

mitigação efetiva dos impactos da sísmica. O esforço contínuo de padronização e incorporação de metadados, incluindo espectrogramas, frequências e tipologias vocais, surge como um ponto crítico para o aprimoramento da gestão ambiental no setor.

A análise gráfica de período mostrou um crescimento expressivo dos registros a partir da intensificação da exploração na Bacia de Santos, sobretudo após a descoberta do pré-sal, refletindo tanto o aumento do esforço amostral quanto a centralidade dessa região no circuito espacial produtivo do petróleo. Contudo, essa concentração de dados também evidencia vieses geográficos que precisam ser considerados em interpretações biogeográficas mais amplas, visto que bacias do Norte e Nordeste ainda apresentam sub-representação no banco de dados.

No campo aplicado, os resultados reforçam a importância da política brasileira de mitigação, que só é possível com a participação e colaboração da equipe ambiental embarcada nos navios sísmicos. É através desses profissionais, que prevê a paralisação imediata das fontes sísmicas sempre que animais marinhos forem detectados e avistados. Essa medida se diferencia positivamente de regulamentações internacionais mais flexíveis, consolidando o país como referência na adoção de práticas preventivas. Ainda assim, persistem desafios quanto à efetividade dessa mitigação frente às pressões acumuladas da atividade sísmica e de outros vetores antrópicos, como o tráfego marítimo e a pesca industrial.

Do ponto de vista científico, este estudo contribui ao demonstrar a relevância do uso de bancos integrados, como o SIMMAM, para análises em escala nacional. As análises realizadas mostraram-se consistentes e alinhadas com a literatura sobre ecologia de cetáceos no Atlântico Sul, permitindo a identificação de áreas prioritárias para a conservação e subsidiando discussões sobre o planejamento espacial marinho. Ao mesmo tempo, destacou-se a necessidade de melhorias contínuas na qualidade e acessibilidade dos dados, condição essencial para que o SIMMAM atinja seu pleno potencial como ferramenta de gestão e pesquisa.

Entretanto, a utilização do SIMMAM revelou fragilidades estruturais que comprometem parte de sua credibilidade científica. O sistema não se responsabiliza pela verificação dos dados inseridos, o que resulta na presença de erros recorrentes e na ausência de auditorias ou mecanismos de correção. Situações em que erros de georreferenciamento ou uso inadequado de DATUM posicionaram centenas de registros realizados fora dos limites geográficos estabelecidos, com registros em terra,

em outros continentes e fora do escopo mundial. Sendo que os registros deviriam está inserido somente dentro da ZEE e respectivamente, à onde, ocorrem as licenças de pesquisa sísmica autorizadas pelo IBAMA. Medidas relativamente simples poderiam ser incorporadas no processo de inserção de dados, como restrições automáticas que impedissem o cadastramento de registros fora da área de abrangência autorizada, fortalecendo assim a confiabilidade do banco.

Outro ponto que merece destaque é a limitação informacional do SIMMAM, que privilegia essencialmente o georreferenciamento dos registros em detrimento de detalhes mais refinados sobre cada avistagem ou detecção acústica. Essa lacuna contrasta com iniciativas mais recentes, como o banco de dados NETUNO (2025), que agrega uma rede mais ampla de projetos e empresas parceiras, além de disponibilizar descrições completas dos eventos de observação e parâmetros técnicos associados. Essa diferença pode, em médio prazo, colocar o SIMMAM em desvantagem e torná-lo obsoleto frente a alternativas mais robustas. É fundamental que futuros estudos considerem de forma crítica a integração ou comparação entre essas bases de dados, de modo a selecionar a fonte mais adequada às suas pesquisas. Para fortalecer o papel na ciência, na mitigação de impactos ambientais, políticas públicas ambientais em águas brasileiras.

Mesmo que o enfoque dos MMO e PAM esteja voltado principalmente para a aplicação das medidas de mitigação ambiental estabelecidas pelo IBAMA em seu guia oficial, os dados coletados não devem ser negligenciados no campo científico. A atuação desses profissionais, embora orientada pela mitigação, gera um esforço de monitoramento em larga escala que dificilmente poderia ser realizado por universidades, organizações não governamentais ou instituições de pesquisa, seja pela limitação de recursos, seja pela dificuldade de acesso contínuo às áreas oceânicas. As equipes embarcadas em campanhas sísmicas permanecem por longos períodos em mar aberto, muitas vezes em regiões pouco exploradas por outros estudos, o que lhes permite registrar informações únicas sobre a presença e o comportamento dos cetáceos. Tais dados, longe de serem considerados apenas como subprodutos da mitigação, deveriam ser mais amplamente incorporados por pesquisadores em análises de distribuição, planejamento espacial marinho e processos decisórios governamentais relacionados à conservação da vida marinha.

Ressalte-se ainda que os cetáceos exercem um papel fundamental como espécies guarda-chuva, ou seja, sua proteção assegura indiretamente a conservação

de diversos outros componentes do ecossistema, conferindo-lhes importância estratégica para políticas ambientais mais abrangentes.

Por fim, este trabalho confirma que a interface entre biogeografia e exploração *offshore* através das campanhas sísmicas, é um campo fértil de investigação, no qual o conhecimento científico deve caminhar em estreita relação com políticas públicas e práticas de mitigação. Os resultados obtidos oferecem subsídios concretos para a formulação de estratégias de monitoramento mais robustas e para o fortalecimento da governança ambiental em águas brasileiras. A consolidação de bancos de dados abrangentes, a integração de diferentes métodos de detecção e a incorporação de novas tecnologias analíticas representam caminhos promissores para que futuros estudos avancem na compreensão da distribuição de cetáceos e na mitigação de impactos da indústria sísmica.

REFERÊNCIAS

ABDENUR, A. E. **O Atlântico Sul e a segurança internacional: o Brasil e a ZOPACAS**. Rio de Janeiro: CEBRI, 2013.

AGÊNCIA MARINHA. **Amazônia Azul: Novo mapa do Brasil é expandido com 5,7 milhões de km² de área marítima**. 2021. Disponível em: <https://www.agencia.marinha.mil.br/amazonia-azul>. Acesso em: 10 ago. 2025.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/arquivos-bmppgn/2023/encarte-boletim-dezembro.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2025.

AZEVEDO, A. F. *et al.* **Mamíferos marinhos e atividades sísmicas no Brasil: avanços e desafios na mitigação de impactos**. In: *Congresso Brasileiro de Zoologia*, Porto Alegre, 2013.

BAILEY, H.; THOMPSON, P. M. **Using marine mammal habitat modelling to identify priority conservation zones within a marine protected area**. *Marine Ecology Progress Series*, v. 378, p. 279-287, 2009.

BANDAR (NETUNO) – **Banco de Dados Ambientais Regionais. LibGeo – Laboratório de Informática da Biodiversidade e Geomática**, Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI. Disponível em: <https://libgeo.univali.br/bandar/pt-br>. Acesso em: 31 ago. 2025.

BARRETO, A. S. *et al.* **Desenvolvimento de ferramentas geográficas para a conservação de mamíferos aquáticos**. In: *Encontro Nacional de Geoprocessamento*, Salvador, 2012.

BARRETO, A. S.; SPERB, R. M.; MORAES, C. G. **SIMMAM – Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Marinhos: aplicação à REMAB**. *Revista da UNIVALI*, v. 2, n. 1, p. 21–30, 2006.

BARRETO, A.; CABRAL, A. S. **SIMMAM 3.0 – Updating the Toolbox for the Conservation of Marine Mammals**. *bioRxiv*, 2022. DOI: 10.1101/2022.03.14.484333.

BARROS JÚNIOR, P. R. M. **Formação de preço em oligopólios intensivos em processos: estudo do mercado mundial de aquisição sísmica marítima.** Salvador, 2020.

BONNATERRE, P. J. **Tableau encyclopédique et méthodique des trois règnes de la nature: Cétologie.** Paris: Panckoucke, 1781.

BRITTO, M. K. **Mamíferos Marinhos, a Atividade de Prospecção Sísmica e o Uso do SIMMAM.** Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), 2009.

CABRAL, A.; BARRETO, A. S. SIMMAM – **Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Marinhos: uma nova ferramenta para a gestão ambiental.** *Revista Brasileira de Geociências Ambientais*, 2012.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. de; MIYASAKA, S. C. **Condições hidrográficas na plataforma continental.** In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (org.). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. p. 43–56.

CLAPHAM, P. J.; MEAD, J. G. **Megaptera novaeangliae.** *Mammalian Species*, v. 604, p. 1–9, 1999.

CORREA, T. P. **Distribuição, uso do habitat e estimativas populacionais dos golfinhos-pintados (*Stenella attenuata* e *Stenella frontalis*) na Bacia de Santos, Oceano Atlântico Sudoeste**, 141 p, 2025.

COURTIN, M. *et al.* **Site fidelity and population parameters of pantropical spotted dolphin (*Stenella attenuata*) in Guadeloupe and Martinique.** *Frontiers in Marine Science*, v. 10, p. 939263, 2023.

COX, C. Barry; MOORE, Peter D. **Biogeografia: Uma Abordagem Ecológica e Evolutiva.** John Wiley & Sons, 2010.

CRESPO, E. A. *et al.* **Distribution, habitat and abundance of Franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*).** In: SECCHI, E. R.; ZERBINI, A. N. *et al.* (orgs.). *Advances in Marine Mammal Science*. London: The Royal Society, 2015.

DAY, Jon C. Zoning. **Lessons from the Great Barrier Reef marine park.** *Ocean & Coastal Management*, v. 45, n. 2-3, p. 139-156, 2002.

DOUVERE, F. **The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management.** *Marine Policy*, v. 32, n. 5, p. 726-731, 2008.

DRANSFIELD, A.; HINES, E.; MCGOWAN, J.; HOLZMAN, B.; NUR, N.; ELLIOTT, M.; JAHNCKE, J. **Where the whales are: using habitat modeling to support changes in shipping regulations within National Marine Sanctuaries in Central California.** *Endangered Species Research*, v. 26, n. 1, p. 39-57, 2014.

EVANS, Daniel R.; GATES, J. Edward. **Cowbird selection of breeding areas: the role of habitat and bird species abundance.** *The Wilson Bulletin*, p. 470-480, 1997.

EVANS, P. G. H. **Proceedings of the ECS/ASCOBANS/ACCOBAMS joint workshop on introducing noise into the marine environment – what are the requirements for an impact assessment for marine mammals?** European Cetacean Society's 28th Annual Conference. 22nd ASCOBANS Advisory Committee Meeting, The Hague, Netherlands, 2015.

FORO MAR PATAGÓNICO. **Prospección sísmica en el Mar Argentino: riesgos e impactos.** Puerto Madryn: Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia, 2022.

FORTIN, M.-J.; DALE, M. R. T. **Spatial analysis: a guide for ecologists.** Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

FREDRIKSSON, G. M.; NIJMAN, V. **Habitat use and conservation status of two elusive ground birds (...)** *Oryx*, v. 38, n. 3, p. 297-303, 2004.

GAETA, S. A.; BRANDINI, F. P. **Produção primária do fitoplâncton (...)** *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 54, n. 1, p. 1–11, 2006.

GRAY, J. E. **Catalogue of the specimens of Mammalia in the collection of the British Museum.** London: Trustees of the British Museum, 1846.

HALPIN, P. N.; READ, A. J.; FUJIOKA, E. *et al.* **OBIS-SEAMAP: The world data center for marine mammal, sea bird, and sea turtle distributions.** *Oceanography*, v. 22, n. 2, p. 104–115, 2009.

HAWKINS, A. D.; POPPER, A. N.; FAY, R. R.; TAVOLGA, W. N. **Sound exposure guidelines for fishes and sea turtles, and related technical reports**. ANSI/ASA S3/SC1.4 – 2014. ANSI-accredited standards report, 2015.

HILDEBRAND, J. A. **Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean**. Marine Ecology Progress Series. 395: 5–20. 2009.

IBAMA. Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Guia de Monitoramento da Biota Marinha em Pesquisas Sísmicas Marítimas**. Brasília: IBAMA, 38 p., 2018.

JEFFERSON, T. A.; WEBBER, M. A.; PITMAN, R. L. **Marine Mammals of the World: A Comprehensive Guide to Their Identification**. 2. ed. London: Academic Press, 2008.

JULIÃO, H. P. **Abundância e distribuição da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na costa do Brasil**. 2013. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.

KANAJI, Y. *et al.* **Spatial patterns in odontocete distribution in relation to environmental variables in the western North Pacific**. Deep-Sea Research Part II, v. 113, p. 126–139, 2016.

KASCHNER, K. *et al.* **Global coverage of cetacean line-transect surveys: status quo, data gaps and future challenges**. PLoS ONE, v. 6, n. 9, e24284, 2011.

KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. **An introduction to geophysical exploration**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2013.

KID, S.; PLATTER, A.; FRID, C. **The ecosystem approach to marine planning [...] management**. London: Earthscan, 2011.

LINNAEUS, C. **Systema Naturae per regna tria naturae...** 10^a ed. Vol. 1. Holmiae (Laurentii Salvii), 1758.

LOWRY, D. B. **Ecotypes and the controversy over stages in the formation of new species**. Biological Journal of the Linnean Society, v. 106, n. 2, p. 241-257, 2012.

MAY-COLLADO, L. J.; FORCADA, J. **Small-scale estimation of relative abundance for the coastal spotted dolphins (*Stenella attenuata*) in Costa Rica: the effect of habitat and seasonality**. *Revista de Biología Tropical*, v. 60, n. 4, p. 1319-1331, 2012.

MEDEIROS, M. A. **A cooperação marítima no Atlântico Sul: segurança e governança regional**. *Contexto Internacional*, v. 39, n. 3, p. 589–616, 2017.

MIRANDA, A. V.; LUNA, F. O.; SOUSA, G. P.; FRUET, P. F.; ZANONI, S. A. **Guia Ilustrado de Identificação de Cetáceos e Sirênios do Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: ICMBio/CMA, 2020.

MOREIRA, J. L. P.; MADEIRA, C. V.; GIL, J. A.; MACHADO, M. A. P. **Bacia de Santos. Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 531-549, 2007.

MULLIN, K. D. *et al.* **Abundance and seasonal occurrence of cetaceans in outer continental shelf and slope waters of the north-central and northwestern Gulf of Mexico**. *Gulf of Mexico Science*, v. 22, n. 1, p. 62-73, 2004.

NATARAJAN, S. **Como barulho humano alcança o fundo do mar e põe animais em risco: “golfinhos gritando” e “baleias encalhadas”**. BBC News Brasil, 13 jul. 2025. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/c74gpw3gg92o>. Acesso em: 20 jul. 2025.

NOWACEK, D. P. *et al.* **Responsible practices for minimizing and monitoring environmental impacts of marine seismic surveys with an emphasis on marine mammals**. *Aquatic Mammals*, v. 39, p. 356–377, 2013.

OLIVEIRA, L.K.; CEPIK, M.; BRITES, P. V. P. **O pré-sal e segurança do Atlântico Sul: a defesa em camadas e o papel da integração sul-americana**. *Capa-revista da EGN*, v. 20, n. 1, p. 139-164, 2016.

OLIVEIRA, S. V. R. R. **Análise da distribuição de cetáceos da costa brasileira a partir de modelagem ambiental**. 2014. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências da Terra e do Mar, Itajaí, 2014.

PAULO, F. N. E. **Procedimentos adotados para o acompanhamento de impactos ambientais na atividade de pesquisa sísmica para exploração de óleo e gás offshore no Brasil: uma análise a partir das boas práticas internacionais**. 2020.

228 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2020.

PALUMBI, S. R. **Marine reserves and ocean neighborhoods: the spatial scale of marine populations and their management**. Annual Review of Environment and Resources, v. 29, p. 31-68, 2004.

PERRIN, W. F. *et al.* **Reproductive parameters of the offshore spotted dolphin, *Stenella attenuata*, from the eastern tropical Pacific**. NOAA Technical Report NMFS, n. 28, 1985.

PRATT, E. A. *et al.* **Hierarchical metapopulation structure in a highly mobile marine predator (...)**. Conservation Genetics, 1-18. 2018.

RAMOS, S.; ÁLVAREZ, P.; VIDAL, D.; PÉREZ, Y. **Potential benefits of 3D-3C seismic data**. In: SEG TECHNICAL PROGRAM EXPANDED ABSTRACTS, 2012. Houston: Society of Exploration Geophysicists, 2012. p. 1–5. DOI: 10.1190/segam2012-1208.1.

SICILIANO, S. **Uma abordagem biogeográfica dos cetáceos da costa brasileira**. Tese (doutorado) – UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2001.

SICILIANO, S. *et al.* **Registro e distribuição da baleia-jubarte no litoral brasileiro**. In: Relatórios Técnicos do Instituto Baleia Jubarte, 2006.

SILVA, E.; SICILIANO, S.; DI BENEDITTO, A. P. M. **Cetáceos no norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil: ocorrência, sazonalidade e interação com atividades humanas**. Biotemas, v. 22, n. 1, p. 85–94, 2009.

SILVA, L. P. D. **Circuito espacial produtivo do petróleo na Bacia de Santos e a economia política da Região Metropolitana da Baixada Santista**. Tese (doutorado) – UNICAMP, Instituto de Geociências. Campinas, SP, 2019.

SILVEIRA, I. C. A. da; SCHMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D. **A Corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira**. Revista Brasileira de Oceanografia, v. 48, n. 2, p. 171–183, 2000.

SLOCUM, Terry A.; MCMASTER, Robert B.; KESSLER, Fritz C.; HOWARD, Hugh H. **Thematic Cartography and Geovisualization**. 3. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2009.

SMITH, H. R. *et al.* **A field comparison of marine mammal detections via visual, acoustic, and infrared (IR) imaging methods offshore Atlantic Canada.** Marine Pollution Bulletin, v. 154, 2020.

SPEIGHT, J. G. **Handbook of offshore oil and gas operations.** Oxford: Gulf Professional Publishing, 2015.

STRAMMA, L.; ENGLAND, M. **On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean.** Journal of Geophysical Research: *Oceans*, v. 104, n. C9, p. 20863–20883, 1999.

SUMIDA, P. Y. G. *et al.* **Benthic responses to organic matter pulses in the western South Atlantic.** Deep-Sea Research Part I, v. 52, p. 1523–1535, 2005.

TARDIN, R. H. *et al.* **Modelling habitat use by the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, in southeastern Brazil (...).** Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 2020.

THORROLD, S. R. **Ocean ecology: don't fence me in.** Current Biology, v. 16, n. 16, p. R638-R640. 2006.

TONOS, J. M. *et al.* **A comparison of the efficiency of mobile and stationary bat surveys (...).** Proceedings of the Indiana Academy of Science, 2014.

TYACK, P. L. *et al.* Beaked whales respond to simulated and actual navy sonar. *PLoS ONE*, v. 6, n. 3, e17009, 2011.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V. **Landscape ecology in theory and practice: pattern and process.** New York: Springer-Verlag, 2001.

WARD, E. *et al.* **Estimates of population abundance of western South Atlantic humpback whales using Bayesian methodology.** Paper SC/58/SH7 presented to the IWC Scientific Committee, 2006.

WATWOOD, S. L. *et al.* **Deep-diving foraging behaviour of sperm whales (*Physeter macrocephalus*).** Journal of Animal Ecology, v. 75, n. 3, p. 814–825, 2006.

WEILGART, L. S. **The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management.** Canadian Journal of Zoology, v. 85, n. 11, p. 1091–1116, 2007.

WHITEHEAD, H. **Sperm Whales: Social Evolution in the Ocean.** Chicago: University of Chicago Press, 2003.

WISZ, M. S. *et al.* **Ecological niche models: influence of climate change on the future ranges of marine mammals.** Global Change Biology, v. 17, n. 3, p. 878–890, 2011.

WORTON, B. J. **Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies.** Ecology, v. 70, p. 164–168, 1989.

WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. **Encyclopedia of Marine Mammals.** 2. ed. London: Academic Press, 2009.