

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
CMA/ICMBio



Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de
Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio

Relatório de Final

Ciclo 2023-2024

**Relação entre os dados de monitoramento de encalhe de boto-cinza (*Sotalia
guianensis*) e a atividade pesqueira na costa brasileira.**

Nome do Estudante: Laena Veloso Dias

Orientador(a): Daniel Luis Zanella Kantek

Coorientador(a): Karen Marina Silva Lucchini

Instituição do coorientador: CMA/ICMBIO

Santos

Setembro/2024

Resumo.

O boto-cinza (*Sotalia guianensis*) é a segunda espécie de pequeno cetáceo com maior incidência de encalhes na costa brasileira e o contato com petrechos de pesca é um fator que tem potencial de agravar seu estado de conservação. No estudo, a fim traçar uma relação entre os números de encalhes e esforços pesqueiros nas regiões de quatro Projetos de Monitoramento de Praias (PMPs) – PMP-BS, PMP-BC/ES, PMP-SE/AL e PMP RN/CE, foram delimitados hotspots nos locais de maior concentração de encalhes e feito buffers nestes, para analisar os dados de embarcações de pesca dentro destes buffers em conjunto com as ocorrências de encalhes. Um total de 3048 animais encalhados foram totalizados entre o período de 2016 – 2023, com média de 762 ocorrências por ano. 1073 encalhes em condições ideais de análise foram filtrados e se descobriu que destes, 329 (30%) demonstraram marcas sugestivas com interação com pesca. Gráficos feitos no RStudio com as ocorrências nos hotspots dados conjuntos demonstraram que, quando há a presença de embarcações pesqueiras nos PMPs, acaba aumentando também o número de animais encalhados. O aparecimento de carcaças nas praias e a mortalidade são multifatoriais, entretanto, quando relacionado a esta variável específica, o esforço pesqueiro é uma condicionante expressiva na mortalidade do táxon.

Palavras-chave: Delphinidae, condicionante ambiental, impacto antrópico

Abstract.

The Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) is the second small cetacean species with one of the highest incidences of strandings along the Brazilian coast and the species' encounter with fishing gear is a factor that worsens its state of conservation status. In the study, to establish a connexion between the number of strandings and fishing efforts in the regions of Beach Monitoring Projects (PMPs) – PMP-BS, PMP-BC/ES, PMP-SE/AL and PMP RN/CE, hotspots were delimited in the locations with the highest concentration of strandings and buffers were created in these areas, to analyze the data from fishing vessels within these buffers together with the occurrences of strandings. A total of 3048 stranded animals were recorded between 2016 and 2023, with an average of 762 occurrences per year. 1073 strandings under ideal analysis conditions were filtered and it was found that of these, 329 (30%) showed marks suggestive of interaction with fishing. Graphs made in RStudio with this combined data showed that, when there are fishing vessels in the PMPs, the number of stranded animals also increases. The appearance of carcasses on beaches and mortality are multifactorial; however, when related to this specific variable, fishing effort is a significant determinant of the mortality of the taxon.

Key words: Delphinidae, environmental requirements, anthropogenic effect

Listas de Figuras, Quadros, Tabelas, Abreviaturas e Siglas, Símbolos.

Lista de figuras, quadros e tabelas:

- Fig. 1.: Áreas onde ocorrem cada Projeto de Monitoramento de Praias na costa brasileira.....8
- Fig. 2.: Quantidade total de encalhes nos quatro PMPs. Cada PMP tem um tempo de atuação diferente, o que acaba sendo uma variável que também influencia na quantidade de encalhes quando comparada cada região de estudo.....11
- Fig. 3.: Número de encalhes (cod. 1, 2 e 3) nos PMPs e quantos tiveram interação com pesca. Por equivalência, os dados de SE/AL são os mais expressivos, sendo mais da metade dos encalhes tendo contato com petrecho de pesca.....12
- Fig. 4.: Mapa de densidade contendo os buffers (contorno vermelho) de maiores concentrações de encalhes no PMP-BS.....13
- Fig. 5.: Mapa de densidade contendo os buffers (contorno vermelho) de maiores concentrações de encalhes no PMP-BC. Nesta bacia também foi feita a subdivisão entre BC-RJ e BC-ES.....14
- Fig. 6. Mapa de densidade contendo os buffers (contorno vermelho) de maior concentração de encalhes no PMP-SE/AL. Mesmo contendo um ponto de encalhe com valor Kernel acentuado na divisa com o estado de Alagoas, não foi significativo para análise a parte com buffer delimitado.....15
- Fig. 7. Mapa de densidade contendo o buffer (contorno vermelho) de maior concentração de encalhes no PMP-RN/CE. Por se tratar de pontos muito próximos de encalhes, as áreas delimitadas se tornaram um único buffer que compreende os dois estados.....16
- Fig. 8. Sazonalidade de ocorrência dos encalhes no PMP-BS (SUL) e quantidade de tempo que embarcações estiveram na mesma região. Nota-se que, quando há um aumento do esforço de pesca, logo depois o número de encalhes aumenta. Nestes dados, não há atraso entre o esforço VMS e número de carcaças encalhadas.....17
- Fig. 9. Análise GAM para BS-Sul demonstrando que os animais aparecem encalhados com um mês de atraso da presença de embarcações. Valor de p significativo (em negrito).....18

Fig. 10. Análise GAM agrupada para BS-Sudeste demonstrando que a melhor resposta para correlação é de quatro meses de atraso. Valor de p não foi significativo (em negrito)	19
Fig. 11. Análise GAM agrupada para BC-RJ demonstrando que a melhores respostas para correlação são os dados sem atraso e com dois meses de atraso, tendo ambos seus valores de p significativos (em negrito)	20
Fig. 12. Análise GAM para BC-ES demonstrando que a melhor resposta para correlação é de um mês de atraso. Valor de p não foi significativo (em negrito)	21
Fig. 13. Análise GAM agrupada para PMP-SE/AL demonstrando que a melhor resposta para correlação varia de um, três e quatro meses de atraso. Todos os valores de p foram significativos (em negrito)	22
Fig. 14. Análise GAM para RN/CE demonstrando que a melhor resposta para correlação é de cinco meses de atraso. Valor de p foi significativo (em negrito, $p > 0.05$)	23
Tab. 1. Valores de AIC para os encaixes nos buffers delimitados	18

Abreviaturas e siglas:

SIMBA – Sistema de Monitoramento da Biota Aquática;

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis;

PMP – Projeto de Monitoramento de Praias;

Petrobras – Petróleo Brasileiro S/A;

GFW – Global Fishing Watch;

AIS – Sistema de Identificação Automática;

VMS – Sistema de Monitoramento de Embarcação;

GAM – Modelos Aditivos Generalizados;

REML – Máxima verossimilhança restrita;

AIC – Critério de Informação de Akaike;

Cod – Condição da carcaça.

Sumário.

1. Introdução.....	6
2. Objetivos.....	7
2.1. Objetivo geral.....	7
2.2. Objetivos específicos.....	7
3. Material e Métodos.....	8
3.1. Área de estudo.....	8
3.2. Mapeamento dos hotspots de encalhes e criação de buffers.....	9
3.3. Coleta de dados de pesca.....	9
3.4. Planilha de dados.....	10
3.5. Análises de Modelos Aditivos Generalizados.....	10
4. Resultados.....	11
4.1. Total de encalhes e interações com pesca.....	11
4.2. Estimativa Kernel e buffers.....	12
4.3. Dados de encalhe com esforço pesqueiro.....	16
5. Discussão e Conclusão.....	23
6. Recomendação de manejo.....	25
7. Agradecimentos.....	25
8. Referências bibliográficas.....	26

1. Introdução.

O boto-cinza (*Sotalia guianensis* van Bénédén 1864) é uma espécie de pequeno golfinho estuarino com distribuição que compreende grande parte do litoral brasileiro e se estendendo até a América Central (CREMER et al., 2009) – sendo encontradas populações desde a costa sul brasileira, em Florianópolis (SC) (SIMÕES-LOPES, 1988) até a Nicarágua (CARR & BONDE, 2000). Por habitar principalmente enseadas e áreas estuarinas abrigadas, a espécie acaba entrando em contato com atividades antrópicas associadas a construções urbanas, portos, estaleiros e atividade pesqueira (MEIRELLES et al., 2022). Este último sendo alvo de estudos tanto comportamentais, em que os animais atuam como facilitadores de captura de presa (CREMER et al., 2009), como investigação ativa de interações diretas dos animais com embarcações e petrechos de pesca (MONTEIRO-FILHO, 1995; NETTO & BENEDITTO, 2009; ZAPPES et al., 2013).

Listada como uma espécie vulnerável (ICMBIO, 2023; SECCHI et al., 2018), o boto-cinza é uma das espécies de pequeno cetáceo com maior sensibilidade a interação com pesca artesanal em território brasileiro (SICILIANO, 1994; OTT et al., 2002), sendo comum encontrar indivíduos mortos (DOMICIANO et al., 2016; DOMIT et al., 2021) e vivos (AZEVEDO et al., 2009) com marcas sugestivas dessa interação. O boto-cinza, junto a toninha (*Pontoporia blainvillei* Gervais & d’Orbigny, 1844), são os cetáceos com maior ocorrência de encalhes no Brasil; segundo CARVALHO et al. (2020), foram registrados 4500 botos-cinza encalhados desde o Amapá até Santa Catarina entre 1981 e 2019.

A presença de carcaças encalhadas no litoral funciona como mecanismo chave para o acompanhamento de muitas espécies pouco estudadas e/ou elusivas, fornecendo dados sobre ocorrência, morfologia, riqueza de espécies, biodiversidade (VIANNA et al., 2016; COSTA et al., 2017) e traçando correlações entre impactos antrópicos nocivos para a conservação de espécies mais vulneráveis (PRADO et al., 2016; PELTIER et al., 2019). O principal motivo de mortalidade de grande parte de tetrápodes marinhos está associado com contato, direto ou indireto, com petrechos de pesca e capturas acidentais (PELTIER et al., 2021). Ao realizar esforços de monitoramento para o encontro de animais encalhados em regiões específicas é possível identificar com maior facilidade quais populações estão sendo mais afetadas, além de favorecer a investigação das causas de mortalidade e subsidiar informações para avaliação do status de conservação (NELMS et al. 2021; PRADO et al., 2022).

Os Projetos de Monitoramento de Praias (PMP) atuam na costa brasileira como condicionantes do licenciamento ambiental conduzido pelo Instituto Brasileiro do Meio

Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), de atividades envolvendo exploração e produção (E&P) de petróleo e gás natural offshore da Petróleo Brasileiro S/A (PETROBRAS) nas Bacias de Santos (PMP-BS), de Campos/Espírito Santo (PMP-BC), de Sergipe/Alagoas (PMP-SE/AL) e Potiguar (PMP-RN/CE). Esses projetos têm como objetivo avaliar de forma essas atividades podem interferir na biota aquática nas áreas de abrangência dos projetos. Os PMPs se iniciaram entre 2001-2002 com caráter de curta duração, mas logo se mostraram uma ferramenta com grande importância no monitoramento da biota aquática.

Neste contexto, o presente projeto tem como finalidade investigar encalhes registrados pelos PMPs e correlacioná-los com atividade pesqueira, a fim de verificar se os locais em que a ocorrência de esforços de pesca próximos das áreas de monitoramento tem relação espacial e sazonal com os registros de encalhes de boto-cinza.

2. Objetivos.

2.1. Objetivo geral.

O estudo visa investigar se existe correlação espacial e sazonal entre a ocorrência de encalhes de boto-cinza e esforços de pesca nas quatro regiões em que o Projeto de Monitoramento de Praias ocorre: Bacias de Santos, de Campos-Espírito Santo, Sergipe-Alagoas e Potiguar.

2.2. Objetivos específicos.

- Identificar a tendência temporal e espacial dos encalhes de *S. guianensis* na costa brasileira em regiões em que o Projeto de Monitoramento de Praias ocorre;
- Analisar as diferenças dos dados de encalhe entre os locais de amostragem;
- Verificar a ocorrência temporal e espacial de pesca industrial nas áreas de amostragem do estudo;
- Identificar possíveis correlações entre os padrões de encalhe e de pesca;
- Fazer análise de identificação de possíveis mecanismos que explicam as correlações potenciais detectadas;

3. Material e Métodos.

3.1. Área de estudo.

As áreas que serão analisadas no projeto compreendem a regiões de abrangência dos PMPs em quatro localidades diferentes da costa brasileira: PMP-BS, PMP-BC/ES, PMP-SE/AL e PMP-RN/CE (Fig. 1.).

As áreas de estudo são delimitadas pelo limites de atuação dos PMPs: PMP-BS compreende desde Laguna, Santa Catarina (SC) ($28^{\circ} 28' 57''\text{S}$, $48^{\circ} 46' 53''\text{W}$) até Saquarema, Rio de Janeiro (RJ) ($22^{\circ} 55' 52''\text{S}$, $42^{\circ} 29' 47''\text{W}$), com uma área total de 2.013,4 km; PMP-BC/ES compreende de Arraial do Cabo, Rio de Janeiro (RJ) ($22^{\circ} 57' 58''\text{S}$, $42^{\circ} 1' 44''\text{W}$) até Conceição da Barra, Espírito Santo (ES) ($18^{\circ} 35' 33''\text{S}$, $39^{\circ} 44' 55''\text{W}$), com extensão de 707,4 km; PMP-SE/AL realizado de Conde, Bahia (BA) ($11^{\circ} 48' 40''\text{S}$, $37^{\circ} 36' 40''\text{W}$) até Pontal do Peba, Alagoas (AL) ($10^{\circ} 21' 15''\text{S}$, $36^{\circ} 17' 37''\text{W}$), com 270 km de extensão; e PMP-RN/CE que compreende de Caiçara do Norte, Rio Grande do Norte (RN) ($5^{\circ} 4' 48''\text{S}$ - $36^{\circ} 4' 7''\text{W}$) até Aquiraz, Ceará (CE) ($3^{\circ} 54' 9''\text{S}$, $38^{\circ} 23' 19''\text{W}$), com 325 km de extensão.

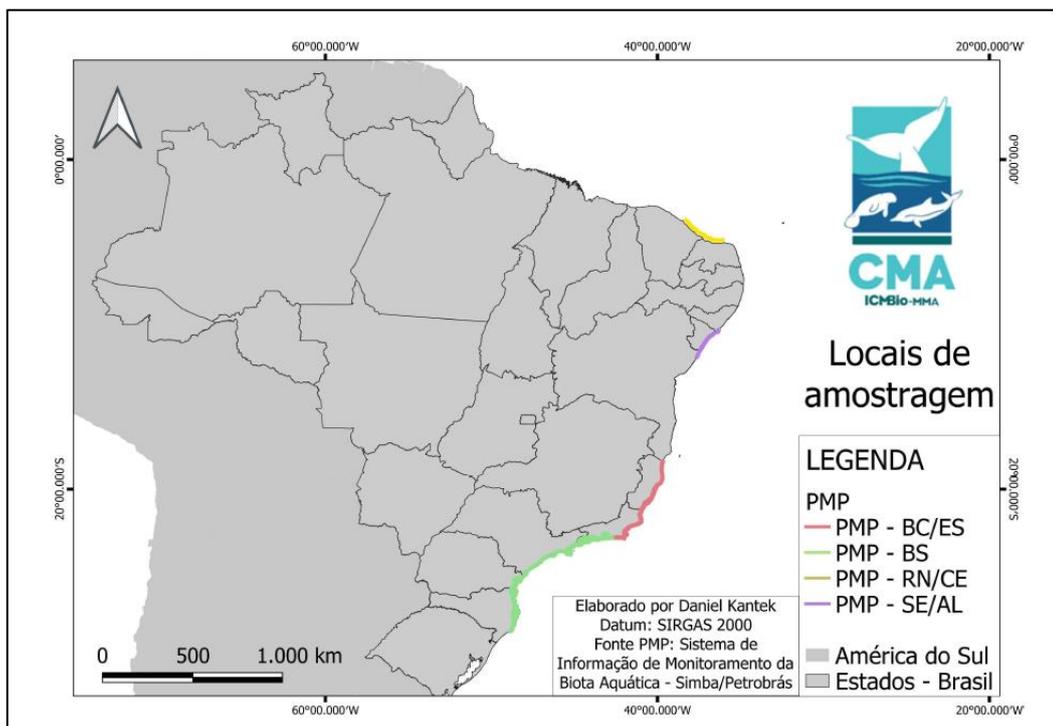


Fig. 1. Áreas onde ocorrem cada Projeto de Monitoramento de Praias na costa brasileira.

3.2. Mapeamento dos hotspots de encalhes e criação de buffers.

Utilizando o Sistema de Monitoramento da Biota Aquática (SIMBA) foram coletadas as coordenadas dos indivíduos encalhados e com estes foram elaborados mapas com a localização dos encalhes no software QGIS (versão 3.28.13). Tendo a quantidade dos encalhes por região, foram feitos os mapas contendo as regiões com maior número de registros de animais encalhados (as zonas de hotspots). Para obter a distribuição especializada de pontos de calor foi utilizada a estimativa Kernel, a qual fornece uma estimativa de intensidade de um fenômeno em uma área delimitada específica utilizando o raio de influência/largura de banda dos pontos e a função de estimação ou interpolação (CÂMARA; CARVALHO, 2004).

Para a filtragem das áreas como maior concentração de encalhes nas quatro áreas estudadas, foi utilizado no QGIS o método da separatriz em 20 partes, sendo que ao separar a porção 1/20 com maior concentração Kernel, obtivemos 5% das áreas com maior concentração de encalhes. Essas áreas foram criadas para identificar e delimitar os hotspots e com isso fazer as análises de correlação com esforços de pesca dentro destas áreas.

Feito os hotspots, no QGIS, foram desenhados buffers com um raio de 51,6 km com centro nos hotspots (PELTIER et al., 2012). A delimitação do raio de abrangência diz respeito à deriva das carcaças a partir do ponto de interação que os animais tiveram com as embarcações, visto que a disposição e encalhe na praia é afetada também por eventos abiótico (como força de maré, correntes de ar etc.).

3.3. Coleta de dados de pesca.

Para que fosse possível determinar a relação entre os números de encalhes e a atividade pesqueira nos PMPs, foi utilizada a plataforma Global Fishing Watch (GFW), que fornece dados de esforços de embarcações pesqueiras a nível global em tempo real, usando rastreamento por satélite. No trabalho, foi levada em consideração que os esforços e atividades pesqueiras obtidos eram de pesca industrial, mesmo contendo uma parcela de pesca artesanal – foi pensado pois ambas as atividades ocorrem no mesmo período, mas apenas a industrial tem um caráter de maior significância de impacto.

No GFW, há dois tipos de monitoramento deste esforço pesqueiro: o Sistema de Identificação Automática (AIS), que gera dados por modelagens feitas por inteligência artificial e o Sistema de Monitoramento de Embarcação (VMS), que capta os dados diretamente das embarcações. O esforço AIS não foi usado no estudo por ter demonstrado ter dados com período de amostragem de menor qualidade (ex. por ter se iniciado como um sistema experimental e ter seus dados sendo sofisticados com o passar do tempo pela inteligência artificial). Após determinar que apenas os esforços VMS (em horas) seriam utilizados no estudo, por ter dados mais sólidos e de maior qualidade, foram montadas planilhas no Excel a fim de filtrar os dados para posterior análise estatística. As tabelas separaram o esforço VMS em 12 meses, conforme os diferentes períodos de atuação dos quatro PMPs. A visualização do tempo, em horas, do esforço pesqueiro durante os anos amostrais é importante para determinar a sazonalidade da pesca nas regiões de estudo e esquematizar respostas visuais e gráficas para correlação dos dados de encalhe e pesca.

3.4. Planilha de dados.

Conforme foram coletados, filtrados e utilizados, foram montadas diversas planilhas no Excel para guiar o estudo. Com estas, foi possível delimitar gráficos intuitivos que demonstram quantidade de encalhes, os picos de pesca nas regiões de estudo e como afetou na quantidade de encalhes em certos períodos do ano. Através da visualização dos dados planilhados que foi possível analisar e quantificar o restante dos passos necessários para obtenção dos resultados posteriormente apresentados.

3.5. Análise de Modelos Aditivos Generalizados.

Contendo todos os dados de esforços pesqueiros nas áreas de amostragem, foram feitas análises de Modelos Aditivos Generalizados (GAM) para determinar se há relação de atividade pesqueira com a mortalidade e posterior encalhe da espécie. O modelo foi escolhido pois a relação entre as variáveis de resposta e preditoras é complexa e não facilmente modelada por funções lineares ou não lineares específicas. Para este estudo as variáveis respostas são os números de encalhes registrados pelos PMPs e as variáveis preditoras são os esforços pesqueiros nas regiões. Ajustamos os modelos usando máxima verossimilhança restrita (REML) no pacote R mgcv versão 1.9-1 (Wood, 2017). O REML foi aplicado porque, quando os modelos contêm covariáveis altamente correlacionadas, é encontrado um grau ótimo de suavização (Reiss & Ogden 2009). Os dados foram analisados separadamente em cada local de concentração de encalhes (hotspots) e foram obtidas respostas gráficas com a correlação entre as variáveis analisadas.

Ainda nas análises realizadas no RStudio, foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (AIC), que é uma métrica que mensura a qualidade de um modelo estatístico visando também a sua simplicidade. Fornece, portanto, uma métrica para comparação e seleção de modelos, em que menores valores de AIC representam uma maior qualidade e simplicidade, segundo este critério. Para respostas estatísticas significativas, foi levado em consideração valor de $p < 0.05$.

Para as análises temporais de esforço de pesca nas regiões estudadas foram utilizados vários modelos, um contendo os esforços de VMS sem atraso e mais cinco restantes com atrasos cada um contendo um mês de atraso a mais que o anterior (nomeadas de VMS 1 até VMS 5). Os atrasos foram implementados no estudo pois se levou em consideração que muitos dados sem atraso não coincidiam com encontro de carcaças na praia, ou seja, se a interação pesqueira impacta os animais, a disposição dos animais encalhados tende a demorar a aparecer - sendo um fator que gera respostas em longo prazo. Foi feita também a análise com todos as variáveis em conjunto (VMS + atrasos), para investigar o melhor modelo para os dados deste trabalho. Em alguns casos, em que o valor mais baixo de AIC se obteve pelo modelo agrupado, foi elaborado mais um modelo em que foram utilizadas somente as variáveis que foram significativas no modelo agrupado, de forma a tentar identificar a melhor interpretação estatístico para os dados. Modelos obtidos pelos esforços VMS com os encalhes explicam a tendência de impacto pesqueiro na mortalidade e aparecimento de carcaças nas praias. Nos modelos, quando a linha de tendência está positiva e as margens em cinza afuniladas próximas a esta, há grande correlação.

4. Resultados.

4.1. Total de encalhes e interações com pesca.

O período amostral do estudo compreende sete anos, de 2016 até 2023, sendo que cada PMP possui um tempo de atuação diferente: PMP-BS (2016-2023), PMP-BC/ES (2017-2023), PMP-RN/CE (2019-2023) e PMP-SE/AL (2020-2023). A soma total de encalhes nas quatro áreas de estudo durante o período amostral é de 3048, com média de 762 ocorrências por ano. O maior número de registros ocorreu no PMP-BS (n=2304) e no PMP-BC/ES (n=529). Já os menores números encontrados foram no PMP-SE/AL (n=173) e no PMP-RN/CE (n=42) (Fig. 2).

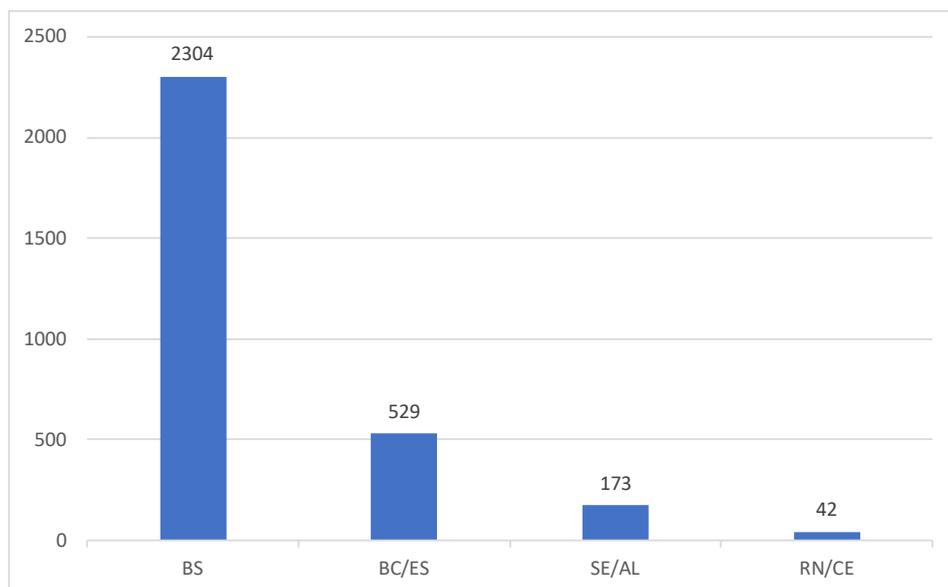


Fig. 2. Quantidade total de encalhes nos quatro PMPs. Cada PMP tem um tempo de atuação diferente, o que acaba sendo uma variável que também influencia na quantidade de encalhes quando comparada cada região de estudo.

Após coletar os dados de encalhes, a fim de filtrar e analisar quantos indivíduos tiveram alguma interação com pesca, foi utilizando a plataforma Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática (SIMBA) para obter as condições de cada carcaça encontrada e ao final, foram selecionadas apenas informações de animais vivos e de carcaças frescas e em estágio inicial de decomposição (identificados por COD. 1, 2 e 3). Foi utilizado este critério uma vez que quanto melhor a integridade física do animal melhor é a análise de interação com petrecho de pesca. Nesse contexto, ao longo de todos os PMPs, foram obtidas informações de 1073 indivíduos. Deste total, 30% (n=329) das carcaças continham evidências de interação com algum tipo de material de pesca em algum nível (Fig. 3.).

Separadamente entre os PMPs, SE/AL teve o maior número de carcaças (n=68) com evidências de interação com atividades de pesca, correspondendo a 52% (n=36). Por outro lado, a menor quantidade de encalhes que apresentavam evidências de interação com pesca foi encontrada no PMP da Bacia de Campos, sendo 9% (n=11) dentre as carcaças (n=114). O PMP-BS teve o maior número amostral de carcaças fresca (n=861), sendo 31% (n=272) delas contendo evidências de interação com pesca em algum nível. No PMP-RN/CE apenas 30 animais encalhados evidenciaram interação com pesca, correspondendo 3% (n=10) (Fig. 3.).

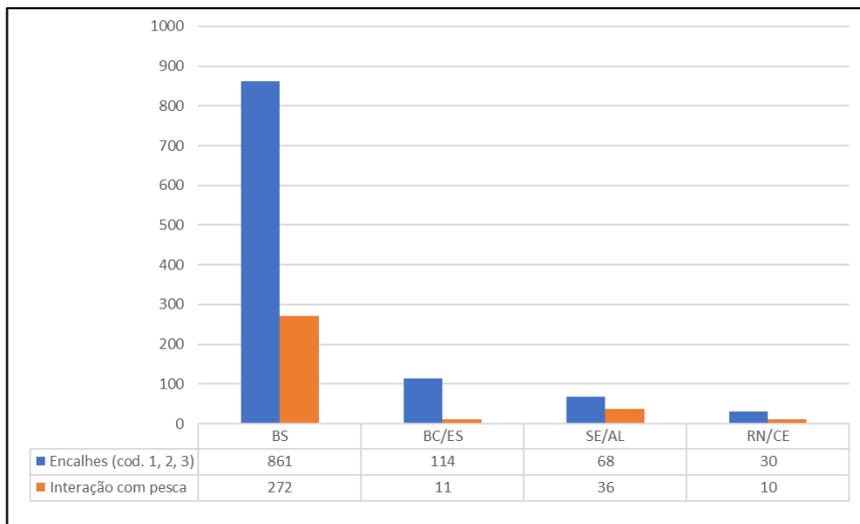


Fig. 3. Número de encalhes (cod. 1, 2 e 3) nos PMPs e quantos tiveram interação com pesca. Por equivalência, os dados de SE/AL são os mais expressivos, sendo mais da metade dos encalhes tendo contato com petrecho de pesca.

4.2. Estimativa Kernel e buffers.

Os dados obtidos através da estimativa Kernel foram significativos por informar as regiões que mais se destacam em relação a concentração de encalhes. Os buffers criados ao redor das regiões de maior densidade podem ser vistos em vermelhos nos mapas de calor apresentados abaixo para os quatro PMPs. Para estas regiões de hotspots delimitadas com buffers, separamos as Bacias de Santos e de Campos em duas regiões cada uma, delimitadas como BS-Sul (compreendendo Paraná e divisa com São Paulo) e BS-Sudeste (compreendendo Rio de Janeiro) e BC-RJ e BC-ES, porque as duas bacias apresentaram zonas de hotspots muito distantes e com números expressivos em cada.

Cada buffer nos PMPs apresentou um total de animais encalhados que no estudo não passaram pela filtragem de cod. No total, para os buffers, tivemos os seguintes números de ocorrências: BS-Sul com 726 e BS-Sudeste com 716, BC-RJ com 174 e BC-ES com 127, SE/AL com 52 e RN/CE com 41.

Na Bacia de Santos (Fig. 4.), as regiões que correspondem aos municípios de Paranaguá/PR (25°31'12"S, 48°30'32"W), Cananéia/SP (25° 1' 28"S, 47° 55' 56"W), Baía de Guanabara/RJ (22° 48' 41"S, 43° 09' 16"W) e Itaguaí/RJ (22° 51' 7"S, 43° 46' 30"W) tiveram as maiores concentrações de encalhes.

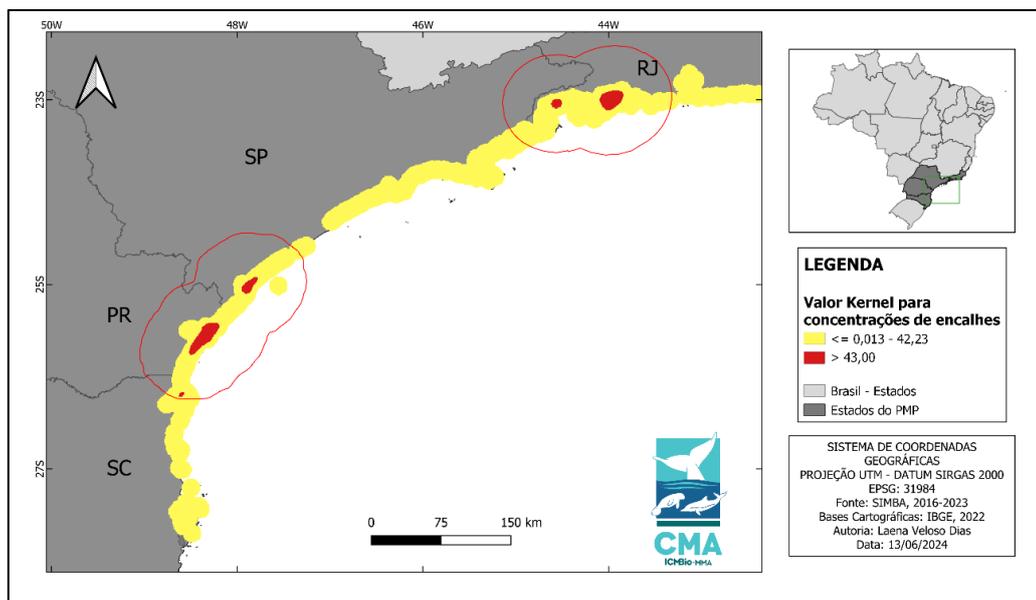


Fig. 4. Mapa de densidade contendo os buffers (contorno vermelho) de maiores concentrações de encalhes no PMP-BS. Nota-se duas zonas com dois buffers diferentes, categorizando no estudo a BS entre Sul e Sudeste.

Para os resultados na Bacia de Campos-Espírito Santo (Fig. 5.), os pontos de maior densidade e extensão foram encontrados no monitoramento nas praias dos municípios de Quissamã/RJ (22° 6' 31"S, 41° 28' 16"W), Carapebus/RJ (22° 12' 12"S, 41° 39' 45"W), Conceição da Barra/ES (18° 35' 33"S, 39° 44' 5"W) e São Mateus/ES (18° 43' 0"S, 39° 51' 34"W).

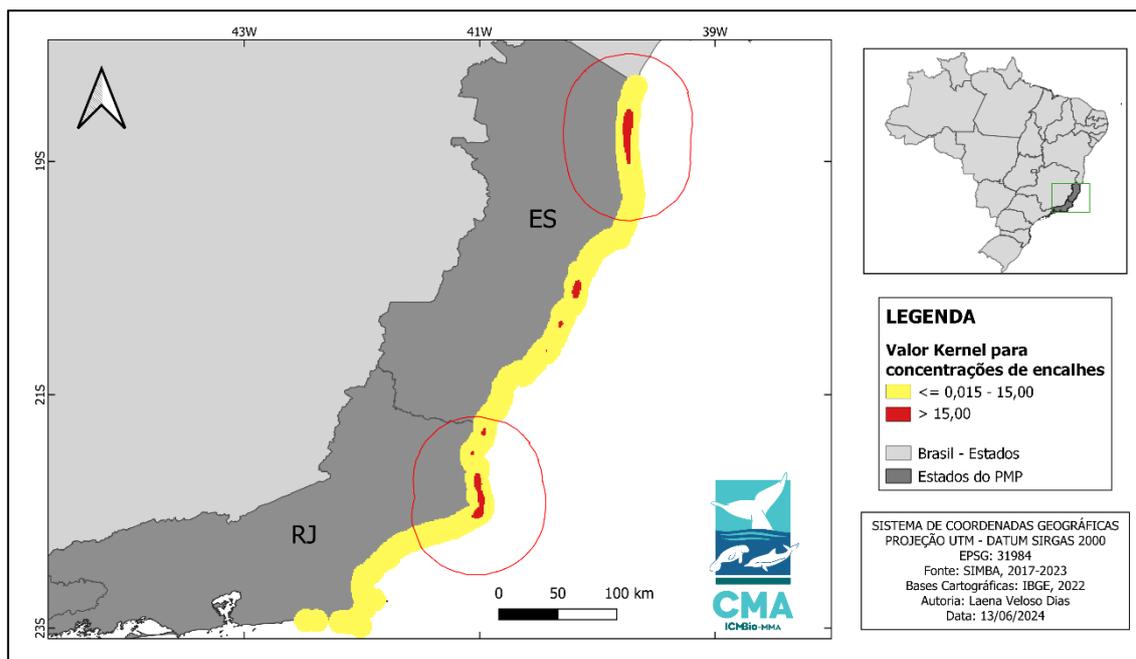


Fig. 5. Mapa de densidade contendo os buffers (contorno vermelho) de maiores concentrações de encalhes no PMP-BC. Nesta bacia também foi feita a subdivisão entre BC-RJ e BC-ES.

Nos PMPs do nordeste (SE/AL e RN/CE), os valores obtidos da densidade Kernel foram inferiores quando comparados com os outros monitoramentos. As regiões de maior concentração de encalhes segundo o método Kernel no PMP SE/AL ocorreram entre os municípios de Pirambu ($10^{\circ} 40' 42''\text{S}$, $36^{\circ} 52' 25''\text{W}$) e Aracaju ($10^{\circ} 54' 34''\text{S}$, $37^{\circ} 4' 29''\text{W}$), no estado de Sergipe, enquanto no estado de Alagoas, uma pequena região se destaca no município de Piaçabuçu ($10^{\circ} 23' 43''\text{S}$, $36^{\circ} 25' 52''\text{W}$) (Fig. 6.).

Nos dados da Bacia Potiguar, ocorreu o menor valor Kernel dentre todas as regiões amostradas. Três municípios mais expressivos tiveram maior concentração de animais encontrados: Areia Branca/RN ($4^{\circ} 56' 52''\text{S}$, $37^{\circ} 7' 28''\text{W}$), Tibau/RN ($4^{\circ} 50' 7''\text{S}$, $37^{\circ} 15' 60''\text{W}$) e Icapuí/CE ($4^{\circ} 42' 9''\text{S}$, $37^{\circ} 20' 53''\text{W}$). Um pequeno ponto amostral contendo densidade

expressiva também aparece nas praias que compreendem o município de Aracati/CE (4° 33' 46"S, 37° 46' 9"W) (Fig. 7.).

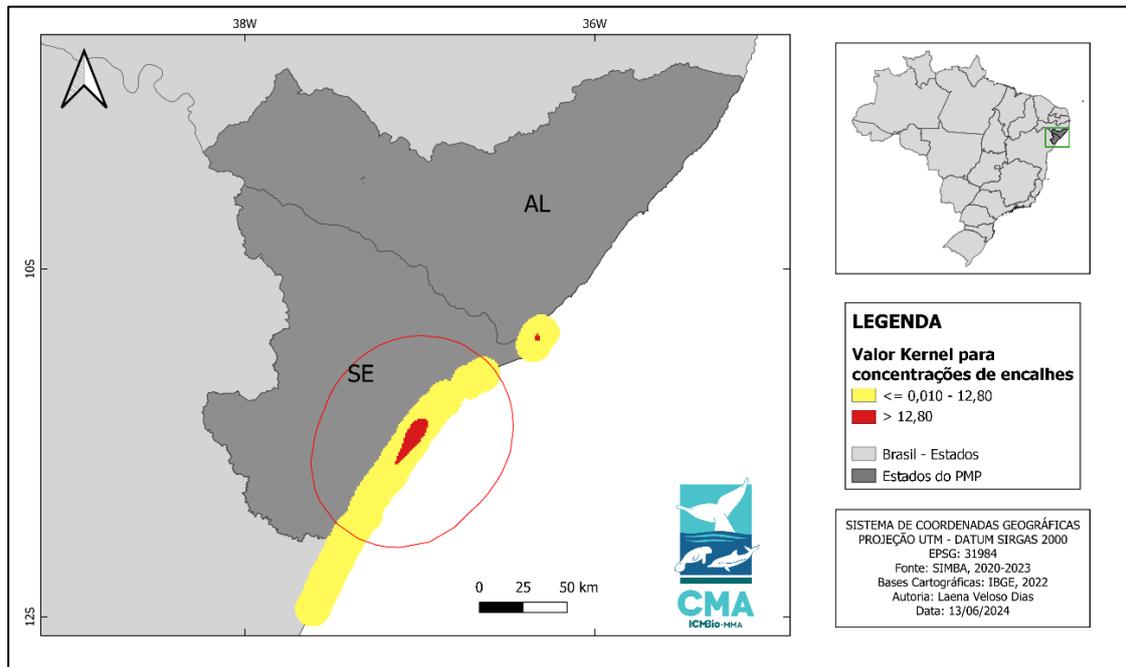


Fig. 6. Mapa de densidade contendo os buffers (contorno vermelho) de maior concentração de encalhes no PMP-SE/AL. Mesmo contendo um ponto de encalhe com valor Kernel acentuado na divisa com o estado de Alagoas, não foi significativo para análise a parte com buffer delimitado.

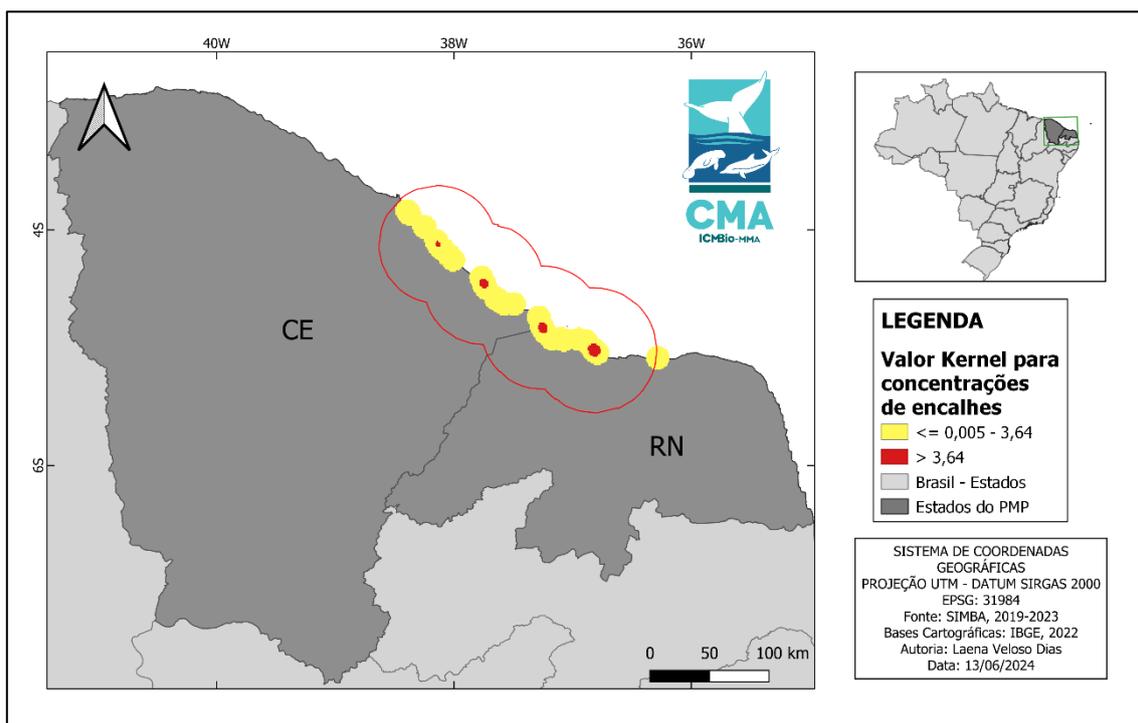


Fig. 7. Mapa de densidade contendo o buffer (contorno vermelho) de maior concentração de encalhes no PMP-RN/CE. Por se tratar de pontos muito próximos de encalhes, as áreas delimitadas se tornaram um único buffer que compreende os dois estados.

4.3. Dados de encalhe com esforço pesqueiro.

Com os dados de esforços pesqueiros VMS, foram montados gráficos com tendência de aparecimento das carcaças nas praias monitoradas após esforços de pesca nas regiões de entorno das áreas de estudo. Como apresentado na Fig. 8., os encalhes no PMP-BS (Sul) surgem após um período que varia de quatro a cinco meses depois que há presença de embarcações nas regiões estudadas. Nota-se que, quando há um aumento do esforço de pesca, logo depois o número de encalhes aumenta. Nestes dados, não foi aplicado atrasos entre o esforço VMS e número de carcaças encalhadas, demonstrando que mesmo assim há chances de ter esta correlação.

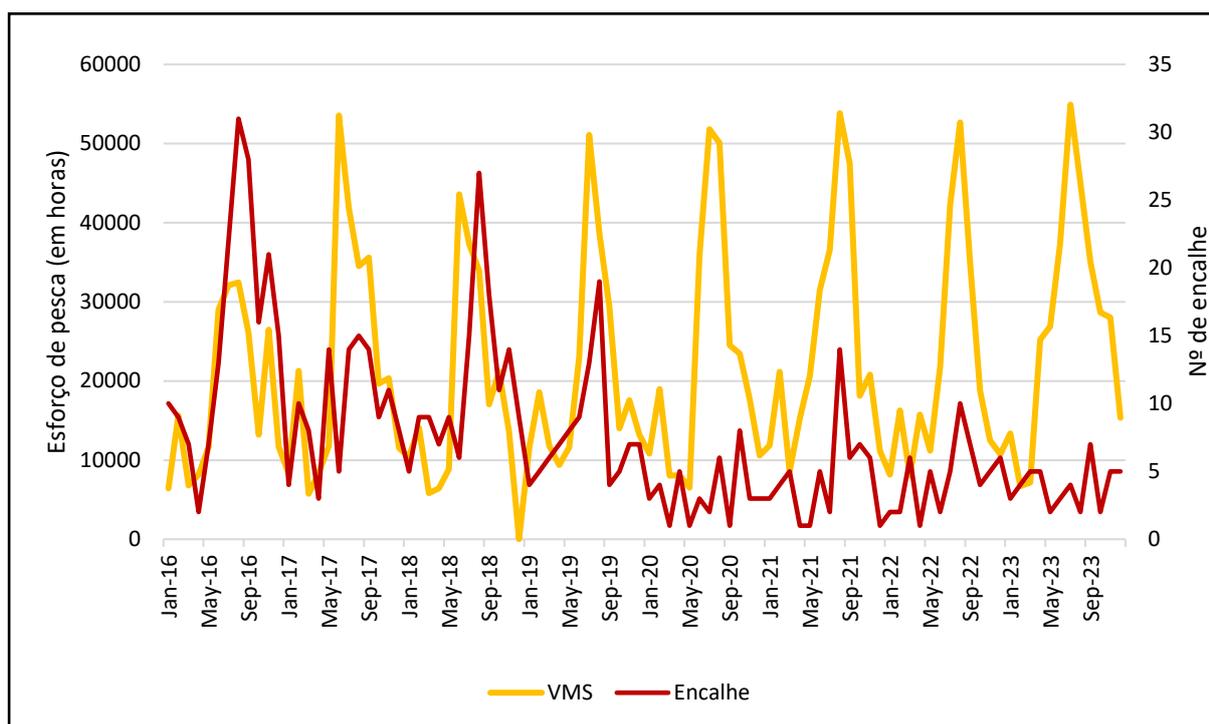


Fig. 8. Sazonalidade de ocorrência dos encalhes no PMP-BS (SUL) e quantidade de tempo que embarcações estiveram na mesma região.

Já quando analisados os modelos obtidos no GAM dentro dos buffers delimitados com os atrasos, contendo os esforços de pesca e os encalhes, a maioria dos valores demonstram tendência de aumento do número de animais encalhados entre três e cinco meses após a permanência das embarcações nos locais. Nesta ocasião, os menores valores de AIC (Tab. 1.), assim como valor de p ideal ($p < 0,05$) foram levados em consideração para o modelo que melhor explica a correlação. Os valores ideais de AIC estão em negrito na Tab. 1. enquanto os valores de p para as análises relevantes foram colocados também em negrito nas figuras.

Tab. 1. Valores de AIC para os encalhes nos buffers delimitados.

MODELO	AIC BS/SUL	AIC BS/SUDESTE	AIC BC/RJ	AIC BC/ES	AIC SE/AL	AIC RN/CE
VMS	499,9037	342,6639	367,4882	284,974	148,5965	166,6281
VMS 1	495,7041	332,6031	368,5107	283,7339	145,1499	163,3977
VMS 2	501,288	327,6264	364,1157	284,5781	144,2939	160,6568
VMS 3	503,8901	321,537	365,2378	284,7155	138,8953	158,4258
VMS 4	501,3182	314,7714	362,8594	284,3001	136,7635	148,5761
VMS 5	499,4268	314,5262	358,4794	285,0751	135,9793	145,9918
AGRUP	503,6654	313,2519	352,2513	290	123,0904	152,2397

Na BS-Sul foi identificado tendência de aumento de encalhes com um mês de atraso do esforço pesqueiro, sendo o modelo s(VMS1) usado (Fig. 9.). Em BS-Sudeste, os valores de AIC foram significativos pela análise por agrupamento, porém o valor de p não foi significativo. Neste caso, o atraso de quatro meses s(VMS4) foi usado como resposta para encalhes e interação com pesca, tendo $p=0.06$ (Fig. 10.).

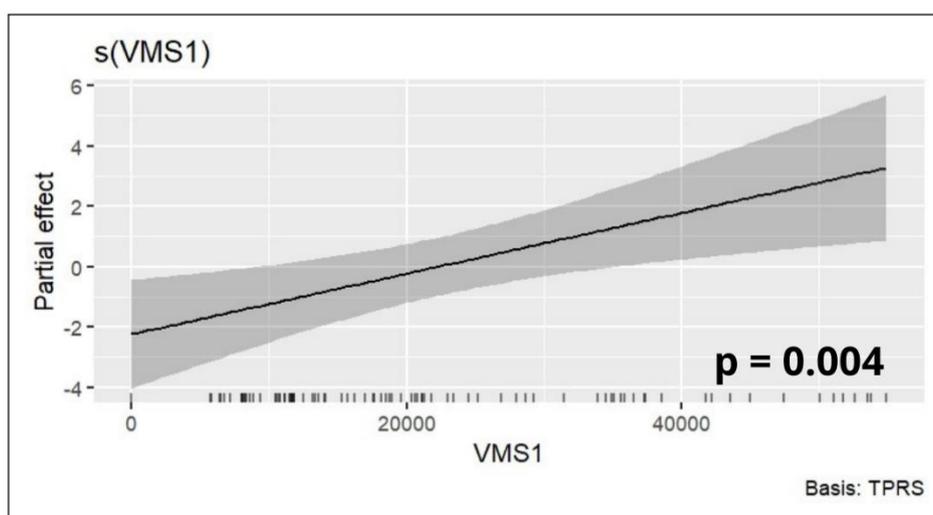


Fig. 9. Análise GAM para BS-Sul demonstrando que os animais aparecem encalhados com um mês de atraso da presença de embarcações. Valor de p significativo (em negrito).

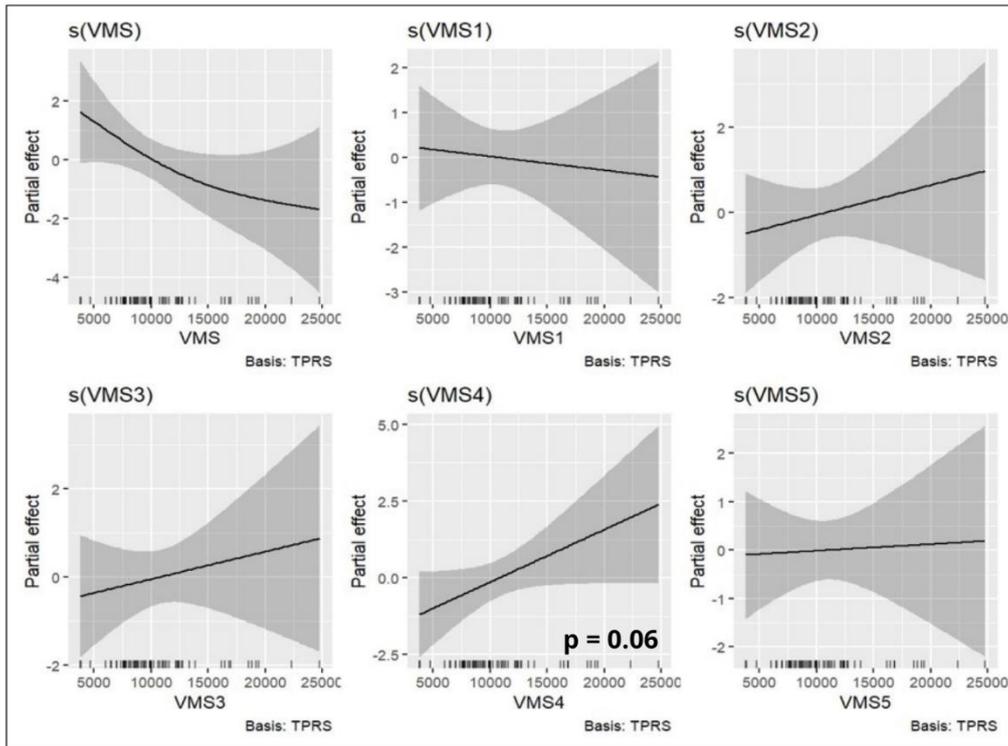


Fig. 10. Análise GAM agrupada para BS-Sudeste demonstrando que a melhor resposta para correlação é de quatro meses de atraso. Valor de p não foi significativo (em negrito).

No PMP-BC (BC-RJ) o agrupamento de modelos também foi usado, demonstrando que os valões em s(VMS) (sem atraso) e em s(VMS2) (atraso de dois meses) foram os mais significativos (Fig. 11.), com ambos tendo valor de p significativo. Para os dados em BC-ES, a análise usada foi s(VMS1) (um mês de atraso), mas não foi significativa (Fig. 12.).

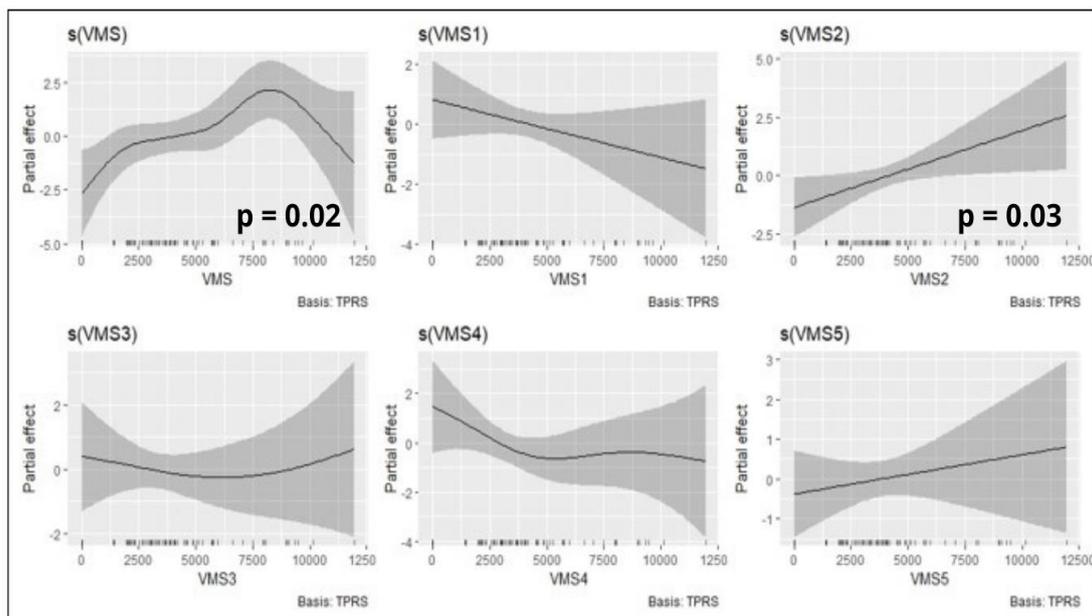


Fig. 11. Análise GAM agrupada para BC-RJ demonstrando que a melhores respostas para correlação são os dados sem atraso e com dois meses de atraso, tendo ambos seus valores de p significativos (em negrito).

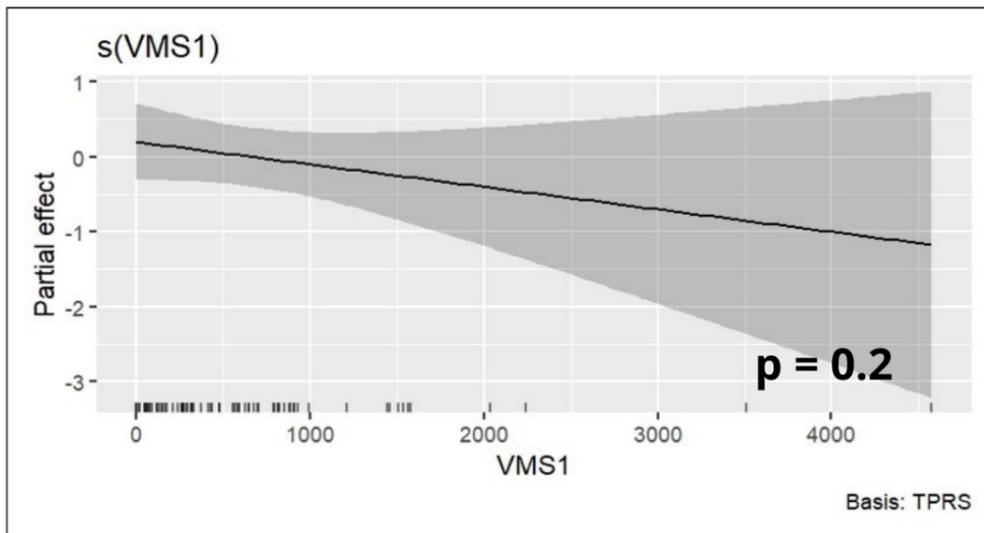


Fig. 12. Análise GAM para BC-ES demonstrando que a melhor resposta para correlação é de um mês de atraso. Valor de p não foi significativo (em negrito).

No PMP-SE/AL, o modelo que gerou resposta foi a partir de agrupamento, tendo s(VMS1) (um mês de atraso), s(VMS3) (três meses de atraso) e s(VMS4) (quatro meses de atraso) com valores significativos (Fig. 13.).

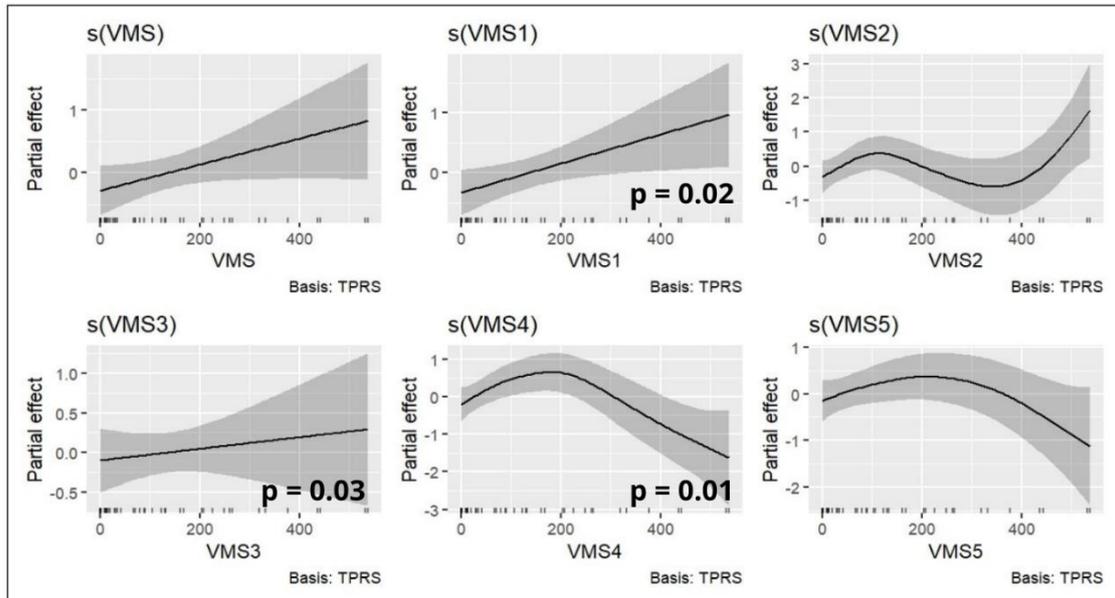


Fig. 13. Análise GAM agrupada para PMP-SE/AL demonstrando que a melhor resposta para correlação varia de um, três e quatro meses de atraso. Todos os valores de p foram significativos (em negrito).

Por fim, o modelo escolhido para o PMP-RN/CE foi $s(\text{VMS5})$ (cinco meses de atraso) (Fig. 14.).

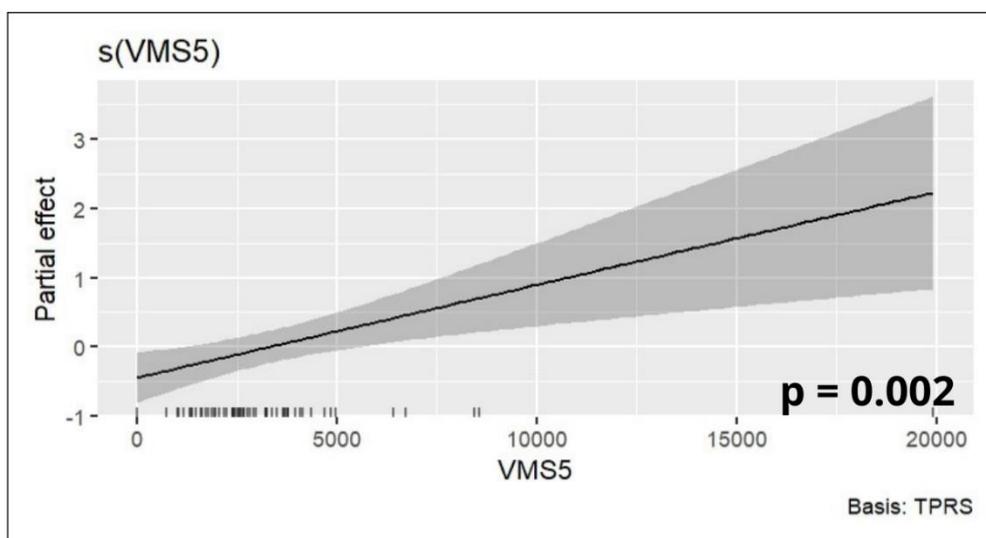


Fig. 14. Análise GAM para RN/CE demonstrando que a melhor resposta para correlação é de cinco meses de atraso. Valor de p foi significativo (em negrito, $p > 0.05$).

5. Discussão e Conclusão.

Quantificamos 3048 encalhes em um período de sete anos, com média de 762 ocorrências por ano – valores altos, visto que as áreas amostradas não representam todo o litoral brasileiro e que a espécie está em risco de extinção. Contando com animais vivos e carcaças frescas, 1073 encalhes foram registrados e destes, 329 (30%) demonstraram marcas sugestivas de interação com a pesca. As estimativas populacionais da espécie são difíceis de inferir e as que existem possuem variações entre si, devido ao método de obtenção dos dados, mas há números na literatura destes animais para certas localidades que aparecem na Fig. 4 na Baía de Guanabara (RJ), com uma última datação entre 40 indivíduos (AZEVEDO et al., 2017) e no estuário de Paranaguá (PR) com 1356 indivíduos (MOURA et al., 2023). Nestes casos, estes números podem servir como um parâmetro, comparando a abundância dos animais nestas regiões e como os números de encalhes podem inferir quais populações estão mais sensíveis.

Levando em consideração os números obtidos, os PMPs com maiores encalhes foram BS e BC/ES. Estes dois locais têm tempo de atuação mais antigo o que leva a maior quantidade de dados para inferir esta resposta, além de ter registros de populações residentes (PEREIRA et al., 2008). Mesmo com grande quantidade de ocorrências, os casos de COD com interação com pesca foram, proporcionalmente, maiores nos PMPs SE/AL e Potiguar, sendo SE/AL (Fig. 3.) o PMP com maior incidência de carcaças em COD ideal com interação com petrecho de pesca (52%) quando equiparado com seus valores totais ($n=68$).

Com as respostas de análises GAM, os encalhes ocorreram em grande parte dos buffers entre dois e quatro meses depois que as embarcações estiveram nestes locais, sendo o buffer PMP-BC/ES (Porção ES) (Fig. 12.) o único que não demonstrou resposta significativa para a correlação de atividade pesqueira e mortalidade. Os buffers dos PMPs BS (BS-Sul) (Fig. 9.) e PMP-RN/CE (Fig. 14.), tiveram valores mais expressivos para correlação, tendo valores de p

ideais ($p=0.004$ e $p=0.002$, respectivamente) - uma grande probabilidade de que as populações que estão próximas às zonas de estudo ficam mais suscetíveis a esta variável antrópica. No geral, os resultados apontam uma grande probabilidade de que as populações de boto-cinza presentes no eixo sul-sudeste do país estão sendo impactadas pela pesca, com grande densidade de encalhes e valores GAM significativos. No eixo nordeste, os números de encalhes são inferiores, comparados com outros PMPs.

Por fim, os resultados encontrados em cada PMP demonstram que a pesca comercial não é a única força atuante na mortalidade dos animais, sendo uma das variáveis que se mostrou expressiva e que pode ser aplicada, com exceção de PMP-BC/ES, em todos os outros (principalmente no PMPs BS (BS-Sul) (Fig. 9.) e PMP-RN/CE (Fig. 14.). Mesmo assim, há diversas outras que também condicionam o estudo, como tempo de atuação diferente de cada PMP (sendo, por exemplo, BS e BC/ES os mais longevos, tendo mais dados para análises), a deriva das carcaças em alto mar devida à movimento de marés, correntes de ar etc. – demonstra que nem todos os animais que podem ter interagido com a pesca e morreu chegaram às praias. Além do grau de significância quando correlacionado aos dados de VMS e encalhes dos PMPs, sendo que nem todos tiveram respostas idênticas de atrasos, tendo flutuação de respostas significativas variando entre dois e quatro meses e outros casos sem atraso algum (Fig. 11.). É importante salientar que o desenho dos buffers também atua como variável, uma vez que os desenhos podem conter erros, pois foram retirados de literatura. Mesmo assim, com diversas variáveis atuando nos resultados e como podem se relacionar, a pesca atua como um fator fortemente degradante para o táxon.

6. Recomendações de manejo.

O Plano de Ação Nacional para a Conservação de Cetáceos Marinhos Ameaçados de Extinção (PAN Cetáceos Marinhos) possui *S. guianensis* como uma das espécies-alvo. O PAN tem objetivo de melhorar o estado de conservação, mitigar e minimizar impactos antrópicos, traçando meios de conservação não só para o boto-cinza, mas para outras espécies contidas. Dentre os objetivos do PAN, um deles é a redução de capturas acidentais, intencionais e enredamento de cetáceos, por meio da ação 1.2, que visa promover o monitoramento de captura acidental em pescas de emalhe. Os dados gerados pelo projeto geram subsídios para o PAN, e podem ressaltar a necessidade do aumento de monitoramento nas áreas amostrais, da fiscalização de esforços de pesca e implementação de meios que possam mitigar o enredamento e captura acidental do boto-cinza, o que poderia também favorecer outras espécies costeiras com distribuição parecida em regiões do país, como a toninha (*Pontoporia blainvillei*), encontrada desde o estado do Rio de Janeiro até Espírito Santo.

A partir destes dados inéditos, que abrangem grandes áreas do litoral brasileiro, podem ser elaboradas propostas de novas unidades de conservação marinhas com limites que contemplem as regiões de maior concentração de encalhes, como na APA Litoral Sul (SP) e aquelas populações de maior risco de extinção. Utilizando dados que se correlacionam de maneira

espaço-temporal, é possível planejar atividades de proteção com prioridade para as populações mais sensíveis e para as regiões significativamente mais críticas de encalhes, bem como propor ações de educação ambiental.

7. Agradecimentos.

Agradeço ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do ICMBio - PIBIC/ICMBio pela oportunidade de ingressar no ciclo de trabalho e pelo financiamento da bolsa. Agradeço o apoio contínuo e força tão necessários para finalizar o ciclo que recebi dos meus pais e de toda minha família, de meus amigos e das minhas colegas de convívio, principalmente a Ana Carolina e do meu namorado João Pedro. Agradeço ao meu orientador Daniel Kantek e minha coorientadora Karen Lucchini pela paciência, cuidado, ensinamentos e principalmente pelas orientações precisas e preciosas ao longo deste um ano de trabalho, levarei para toda minha vida profissional e pessoal esses ensinamentos. Agradeço a toda a equipe do CMA-ICMBio pelo acolhimento e tornar o ambiente de trabalho mais leve, além de toda assistência e ajuda, em especial a Layse Albuquerque, Selma Miyazaki e Carolina Fritzen.

8. Referência bibliográfica.

AUTHIER, M. et al. **How much are stranding records affected by variation in reporting rates? A case study of small delphinids in the Bay of Biscay.** *Biodiversity and Conservation*, vol, 23, n, 10, p. 2591-2612, 2014.

AZEVEDO, A. F. et al. **Human-induced injuries to marine tucuxis (*Sotalia guianensis*) (Cetacea: Delphinidae) in Brazil.** *Marine Biodiversity Records*. Vol. 2. 3 mar. 2009.

AZEVEDO, A. F. et al. **The first confirmed decline of a delphinid population from Brazilian waters: 2000–2015 abundance of *Sotalia guianensis* in Guanabara Bay, South-eastern Brazil.** *Ecological Indicators*. 79, 1-10. 2017.

DOMIT, C. et al. **Report of the *Sotalia guianensis* pre-assessment workshop: main results and status of current knowledge.** Laboratory of Bioacoustics (UFRN). Technical Report, p. 21-24. Jun. 2021.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. **Análise de eventos pontuais.** Em: DRUCK, S. et al. (Eds.). **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 2004.

CARVALHO, V. et al. Saúde. Em: CARVALHO, V, L., MEIRELLES, A. C. O. DE (Eds.). **Boto-cinza, biologia e conservação no Brasil.** São Paulo: Bambu Editora e Artes Gráficas, 2020. p. 83-102.

COSTA A. F. et al. **Stranding survey as a framework to investigate rare cetacean records of the north and north-eastern Brazilian coasts.** Zookeys, (688):111-134. 9 agos. 2017.

CARR, T.; BONDE, R. K. **Tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) occurs in Nicaragua, 88 km north of its previously known range.** Marine Mammal Science. 16: 447-452. 2000.

CREMER, M. J.; SIMÕES-LOPES, P. C.; PIRES, J. S. R. **Occupation pattern of a harbor inlet by the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis* (P. J. Van Bénédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae).** Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 52, n. 3, p. 765–774. Mai. 2009.

DOMICIANO, I. G. et al. **Assessing disease and mortality among small cetaceans stranded at the world heritage site in Southern Brazil.** PLOS ONE, vol. 11, n. 2. p. e0149295-. 12 de fev. 2016.

GROCH, K. R. et al. **Guiana Dolphin Unusual Mortality Event and Link to Cetacean Morbillivirus, Brazil.** Emerging infectious diseases vol. 24,7: 1349-1354. 24 de jul. 2018.

ICMBIO. **Sistema de Avaliação de Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE.** Disponível em: <<https://salve.icmbio.gov.br>>; Acesso em: 2 de abr. 2023.

MEIRELLES, A. C. et al. **Abundance and effect of health status on apparent survival of Guiana dolphins, *Sotalia guianensis*, in an open embayment in north-eastern Brazil.** Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems. Mar. 2022.

MONTEIRO-FILHO, E. L. A. **Pesca interativa entre o golfinho *Sotalia fluviatilis guianensis* e a comunidade pesqueira da região de Cananéia.** Boletim do Instituto de Pesca, vol. 22, n. 2. p 15–23. 1995.

MOURA et al. **Population parameters of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in a southern Brazilian estuary.** Mammalian Biology. mar. de 2023.

NELMS, S. E. et al. **Marine mammal conservation: over the horizon.** Centre for Ecology and Conservation, University of Exeter, Cornwall, TR10 9EZ, UK. Endangered Species Research, vol 44: 291-325. 25 de mar. 2021.

NETTO, R. DE F.; BENEDITTO, A. P. M. **Interactions between fisheries and cetaceans in Espírito Santo State coast, southeastern Brazil.** Revista Brasileira de Zoociências, vol. 10, n 1. (2008). 4 de agos. 2009.

NUGENT, J. **Global Fishing Watch: Helping ‘Reel in ‘Illegal Ocean Fishing.** Science Scope, vol. 42, n. 5, p. 22-25, 2019.

OTT, P. H. et al. **Report of the Working Group on Fishery Interactions.** Latin American Journal of Aquatic Mammals, vol. 1, n. 1. 31 de jul. 2002.

PELTIER, H. et al. **Can modelling the drift of bycaught dolphin stranded carcasses help identify involved fisheries? An exploratory study.** Global Ecology and Conservation. Vol. 21. 2019.

PELTIER, H. et al. **In the Wrong Place at the Wrong Time: Identifying Spatiotemporal Co-occurrence of Bycaught Common Dolphins and Fisheries in the Bay of Biscay (NE Atlantic) From 2010 to 2019.** *Frontiers in Marine Science*, v. 8, 2021.

PELTIER, H. et al. **The significance of stranding data as indicators of cetacean populations at sea: modelling the drift of cetacean carcasses.** *Ecological Indicators*, 18: 278-290, 2012.

PEREIRA, C. S.; SICILIANO, S.; MORENO, I.; OTT, P. H.; RODRIGUES, D. P. **Occurrence of enteropathogens isolated from marine mammals in the coastal regions of Brazil.** Artigo SC/60/DW16 apresentado no comitê científico da Comissão Internacional Baleeira, CIB (IWC). 2008.

PRADO, J. H. et al. **Intensive and wide-ranging beach surveys uncover temporal and spatial stranding patterns of marine megafauna.** *ICES Journal of Marine Science*, vol. 80, p. 492–506. Jul. 2022.

PRADO, J. H; MATTOS, P. H; SILVA, K. G; SECCHI, E. R. **Long-Term Seasonal and Interannual Patterns of Marine Mammal Strandings in Subtropical Western South Atlantic.** *PLoS ONE* 11(1): e0146339, 2016.

REISS, P. T., OGDEN, R. T. **Smoothing Parameter Selection for a Class of Semiparametric Linear Models.** *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, Volume 71, Issue 2, Pages 505–523. Abril de 2009.

SECCHI, E. et al. ***Sotalia guianensis* (errata version published in 2019).** The IUCN Red List of Threatened Species. 2018.

SICILIANO, S. **Review of small cetaceans and fishery interactions in coastal waters of Brazil.** Em: PERRIN, W. F.; DONAVAN, G. P; BARLOW, J. (Eds). *Gillnets and Cetaceans. Report of the International Whaling Commission Special Issue.* [s.l: s.n]. p. 241-250. Jan. 1994.

SIMÕES-LOPES, P.C. **Ocorrência de uma população de *Sotalia fluviatilis* Gervais, 1853, (Cetacea, Delphinidae) no limite sul de sua distribuição, Santa Catarina, Brasil.** Vol. 1, n. 1. 57-62. 1 de jan. 1988.

VIANNA, T. DOS S. et al. **Review of thirty-two years of toothed whale strandings in Santa Catarina, southern Brazil (Cetacea: Odontoceti).** *Zoologia (Curitiba)*, v. 33, n. 5, p. e20160089, 2016.

WOOD, S.N. **Generalized Additive Models: An Introduction with R, Second Edition (2nd ed.).** Chapman and Hall/CRC. 2017.

ZAPPES, C. A. et al. **Accidents between artisanal fisheries and cetaceans on the Brazilian coast and Central Amazon: Proposals for integrated management.** *Ocean & Coastal Management*, p. 46-57. 29 de set. 2013.