

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Ana Carolina Minussi Rama

**Prevalência, intensidade e distribuição de *Xenobalanus globicipitis* (Cirripedia:
Coronulidae) em cetáceos na Baía de Santos, Brasil**

Florianópolis

2020

Ana Carolina Minussi Rama

Prevalência, intensidade e distribuição de *Xenobalanus globicipitis* (Cirripedia: Coronulidae) em cetáceos na Bacia de Santos, Brasil

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas
Orientador: Prof. Dr. Fábio Gonçalves Daura-Jorge

Florianópolis
2020

Ficha de identificação da obra

Minussi Rama, Ana Carolina

Prevalência, intensidade e distribuição de *Xenobalanus globicipitis* (Cirripedia: Coronulidae) em cetáceos na Bacia de Santos, Brasil / Ana Carolina Minussi Rama ; orientador, Fábio Gonçalves Daura-Jorge, 2020.

49 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. cracas. 3. epibiontes. 4. interação ecológica. 5. cetáceos. I. Daura-Jorge, Fábio Gonçalves. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

Ana Carolina Minussi Rama

Prevalência, intensidade e distribuição de *Xenobalanus globicipitis* (Cirripedia: Coronulidae) em cetáceos na Bacia de Santos, Brasil

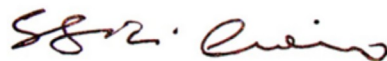
Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas

Florianópolis, 30 de novembro de 2020

Prof. Carlos Roberto Zanetti, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Fábio Gonçalves Daura-Jorge, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Salvatore Siciliano, Dr.
Avaliador
Fundação Oswaldo Cruz

Prof. Paulo César Simões-Lopes, Dr.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina



Carolina Bezamat, Dr.
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é uma pequena contribuição à natureza.

AGRADECIMENTOS

Agradecer depois de um ano como esse se tornou mais fácil. Ele me fez enxergar muitas coisas e valorizar aquilo que realmente importa: seja uma simples ida à praia, um abraço ou a saúde daqueles que prezamos. O ano de 2020 trouxe muita confusão, caos, incertezas, desespero, ansiedade, preocupações... Mas junto disso, trouxe um sentimento ainda maior por aqueles que me mantiveram (quase)sã em meio a essa pandemia somada ao TCC.

O primeiro agradecimento não poderia ser diferente: mãe, pai e Xe. Não consigo colocar em palavras o quanto eu sou grata por vocês. Meu amor por vocês é maior que o volume de água do mar elevado ao quadrado!

À Thais, Gabi e Moni que estão ao meu lado há 10 semestres (mas que mais parecem 10 anos). Vocês são o maior presente que a Bio me trouxe. À outra Gabi que já passou por tantos ciclos comigo, sempre presente, me apoiando, ensinando, acolhendo e me proporcionando o melhor molho de tomate do universo. E que hoje, além de tudo, ainda é minha sócia! Que venha mais um ciclo ao lado de vocês. Obrigada por tanta união, força e amor!

À Mari, minha psicóloga que eu tenho um carinho imenso!

Ao curso de Ciências Biológicas e à UFSC que me transformaram em tantos sentidos e me permitiram viver tantas experiências maravilhosas. À turma 2015.2, que apesar de não ter sido muito unida, carrego um carinho imenso por cada um de vocês.

À família LAMAQ e às meninas do PMC: ambiente de trabalho que é uma verdadeira segunda (às vezes primeira) casa! Um obrigado especial pra Gabi, minha chefOms, aprendi tanta coisa com você, tanto profissionalmente quanto emocionalmente. São incontáveis as vezes que você esteve ali presente! Espero seguir trabalhando ao teu lado, no lab, no mar, na Bahia ou em qualquer lugar; Fe, minha parceira de experiências, algumas delas um pouco malucas, mas todas muito válidas! Ter você ao meu lado tornou tudo mais leve; John, meu tutor que larga tudo pra ajudar (menos nos descarnes). Não sei o que seria da minha graduação sem você (nossa pizza acabou ficando pro mestrado); Paulinho, que apesar de ter me negado no início, hoje muito me acolhe e é uma das pessoas mais incríveis (pessoalmente e profissionalmente falando) que eu conheci na graduação, você é inspiração!; Fábio, meu orientador querido, calmo, paciente e admirável, muitíssimo obrigada pela orientação, motivação e incentivo!

À Socioambiental e toda equipe do PMC-BS (O Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos foi financiado pela PETROBRAS e exigido pelo IBAMA no licenciamento ambiental federal do Pólo Pré-Sal de Exploração de Petróleo e Gás) pela oportunidade de estar perto - ainda que longe - dos animais mais incríveis/perfeitos/sensacionais desse mundo e poder desenvolver esse trabalho.

E a todos aqueles que de certa forma contribuíram para a minha formação!

RESUMO

Xenobalanus globicipitis é uma espécie de craca epibionte que vive na pele de cetáceos colonizando as bordas das nadadeiras, sendo encontrada em mais de 30 espécies de baleias e golfinhos ao redor do mundo. Os dados a respeito da prevalência de *Xenobalanus* em cetáceos variam de 1 a 55% e a intensidade é altamente variável. Os trabalhos que buscam compreender a relação *Xenobalanus*-hospedeiro em águas brasileiras ainda são escassos. Portanto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a ocorrência, prevalência, distribuição e intensidade de infestação de *X. globicipitis* em várias espécies de cetáceos e investigar as possíveis condições facilitadoras para essa interação. Este estudo foi conduzido em áreas costeiras e oceânicas da Bacia de Santos – área que se estende do Rio de Janeiro a Santa Catarina e abrange uma área de cerca de 352 mil km² – através do monitoramento das populações de cetáceos da região pelo Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (PMC-BS). Os dados foram coletados durante campanhas de Avistagem e Monitoramento Acústico Passivo (MAP) e Telemetria executados pelo PMC-BS entre os anos de 2015 a 2019, sendo os registros fotográficos os principais dados utilizados. Esses foram analisados um-a-um a fim de identificar a presença da craca nos indivíduos. Estimativas de prevalência e intensidade de infestação foram calculadas, a primeira obtida pela razão entre indivíduos com craca e o total identificado anualmente, e a segunda a partir da razão entre a área ocupada pelas cracas e a área total da nadadeira. Modelos estatísticos lineares generalizados com regressão binomial foram gerados a fim de avaliar como esses valores variaram. Foram observadas 14 espécies hospedeiras de *Xenobalanus*, sendo metade destas novos registros em território brasileiro. Foram totalizados 119 indivíduos fotoidentificados com a presença de cracas durante 45 avistagens nos anos de 2018 e 2019. A taxa de prevalência variou bastante entre as espécies, com destaque para o ano de 2019, quando a maioria das espécies apresentou taxas mais altas. A média entre os anos apresentou maiores taxas para *Orcinus orca*, *Sotalia guianensis* e *Steno bredanensis*. As estimativas de intensidade de infestação também flutuaram entre as espécies. Os modelos estatísticos mostraram um padrão latitudinal e longitudinal favorável à ocorrência de *Xenobalanus*, ocorrendo maiores infestações em regiões mais próximas da costa e temperaturas mais elevadas (latitudes menores). Essa observação corrobora a hipótese de temperatura como principal fator determinante da ocorrência de *Xenobalanus* em cetáceos. Sugere-se que variações climáticas, como eventos de El Niño e *marine heatwaves* possam ser responsáveis pelas variações nas condições abióticas, se alguma, que favoreceram o aumento repentino de cracas em escala global. O presente trabalho representa o maior e mais amplo monitoramento sistemático existente, tanto em escala espacial quanto temporal e apresenta dados inéditos tanto para a costa da América do Sul quanto globalmente. A continuação deste monitoramento é de fundamental importância para a melhor compreensão da relação craca-hospedeiro, a ecologia das espécies envolvidas e o reconhecimento da biodiversidade marinha brasileira, assim como os potenciais impactos que afetam o ecossistema.

Palavras-chave: Cracas. Epibiontes. Interações ecológicas.

ABSTRACT

Xenobalanus globicipitis is an obligate epibiont barnacle of cetaceans that has been reported on more than 30 species worldwide and occur mostly on the trailing edge of fins. Data on barnacle prevalence range from 1 to 55% and intensity of infestation is highly variable. However, studies that investigate the interaction *Xenobalanus*-host in Brazilian waters are yet scarce. Therefore, in this study we evaluate the occurrence, prevalence, spatial distribution and intensity of infestation of *Xenobalanus* on several cetaceans species, as well as the potential factors that facilitate this interaction. Data were collected from coastal and oceanic areas of Santos basin – area that extends from Rio de Janeiro to Santa Catarina and covers an area of about 352 thousand km² - through the monitoring of cetacean populations around the area by the *Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos* (PMC-BS). We obtained photographs taken during Sighting, Acoustic Monitoring and Telemetry cruises conducted from 2015 through 2019. The photographs were analyzed one-by-one in order to identify the presence of barnacle. Prevalence was calculated by dividing the number of individual whales or dolphins with barnacles by the total number of individual cetaceans identified. Infestation was calculated by the surface area of the fin and the portion of this area covered by *Xenobalanus*. Statistical analyzes were conducted in order to assess if these values varied. Based on the photographs taken during the research cruises, 14 cetacean host species were identified, seven of these are new records in Brazilian waters. We photo identified 119 individuals with barnacles during 45 sightings from 2018 through 2019. Rates on prevalence varied considerably between species and 2019 had the highest rates. Mean prevalence was higher for *Orcinus orca*, *Sotalia guianensis* and *Steno bredanensis*. Intensity of infestation also varied between species. The statistical analyzes indicated a latitudinal and longitudinal pattern favorable to the occurrence of *Xenobalanus*: there were greater infestations in coastal areas and warmer temperatures (lower latitudes). This observation corroborates the hypothesis of temperature as the main factor affecting the occurrence of *Xenobalanus* in cetaceans. We suggest that climate changes, such as El Niño events and marine heatwaves, may be responsible for variations in abiotic conditions that favored the increase of barnacles on a global scale. The present study represents the largest and most extensive systematic monitoring, both in spatial and temporal scale. We present important data on South America coast and also globally. Therefore, the continuation of this monitoring is fundamental to understand the interaction between *Xenobalanus* and its hosts, the ecology of these species and the recognition of the Brazilian marine biodiversity, as well as the potential impacts that affect the ecosystem.

Keywords: Barnacle. Epibiont. Ecological interactions.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - (a) cracas *Xenobalanus globicipitis* fixadas na nadadeira caudal de um golfinho. (b) conchas de *Xenobalanus globicipitis* fixadas na nadadeira caudal de um golfinho-riscado (*Stenella coeruleoalba*).....17
- Figura 2 - Área compreendida pela Bacia de Santos no sudeste do Brasil (limites em azul) e rotas pré-definidas das campanhas de coleta de dados de Avistagem e Monitoramento Acústico Passivo (linhas de transecção) e Telemetria (rotas telemetria).....20
- Figura 3 - Estimativa de intensidade de infestação calculada no software *ImageJ* a partir da razão entre a área colonizada pelas cracas pela área da nadadeira dorsal de cetáceos fotoidentificados na Bacia de Santos, Brasil.....
23
- Figura 4 - Algumas das espécies hospedeiras de *Xenobalanus* identificadas no presente estudo na área compreendida pela Bacia de Santos, Brasil.....26
- Figura 5 – Gráfico das taxas de prevalência de *Xenobalanus globicipitis* calculadas por espécie de cetáceos considerando somente registros em indivíduos fotoidentificados nos anos 2018 e 2019 na Bacia de Santos, Brasil.....27
- Figura 6 – Gráfico da expectativa de prevalência (prevalências corrigidas pelo tamanho da amostra – número de fotos) de *Xenobalanus globicipitis* calculadas por espécie de cetáceos considerando somente registros em indivíduos fotoidentificados nos anos 2018 e 2019 na Bacia de Santos, Brasil.....28
- Figura 7 – Gráfico da intensidade de infestação de *Xenobalanus globicipitis* por espécie (%) considerando a média entre indivíduos com infestação na nadadeira dorsal na Bacia de Santos, Brasil.....29

Figura 8 - Modelo linear generalizado com regressão binomial negativa para testar a variação da intensidade de infestação de cracas <i>Xenobalanus globicipitis</i> em função da latitude (Lat; A) e longitude (Long; B) em cetáceos fotoidentificados na Bacia de Santos, Brasil.....	30
Figura 9 - Total de avistagens de grupos com pelo menos um registro de indivíduo com <i>Xenobalanus</i> na Bacia de Santos. Os pontos em amarelo representam todas as 69 avistagens, enquanto os em laranja representam os 45 grupos onde os hospedeiros foram foto-identificados.....	31
Figura 10 - Predição do modelo linear generalizado para a probabilidade de ocorrência de infestação de <i>Xenobalanus globicipitis</i> em cetáceos fotoidentificados da Bacia de Santos, em função da estação do ano e latitude. Linhas cheias representam os valores preditos e sombreados representam intervalos de confiança.....	32
Figura 11 - Mapas de distribuição de ocorrência de <i>Xenobalanus</i> nas três espécies com maior número de registros na Bacia de Santos, Brasil. (a) <i>Tursiops truncatus</i> – golfinho-nariz-de-garrafa. (b) <i>Stenella frontalis</i> – golfinho-pintado-do-Atlântico. (c) <i>Steno bredanensis</i> – golfinho-de-dentes-rugosos.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MAP – Monitoramento Acústico Passivo

PMC-BS – Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos

ID – Identificação individual

AIC - Critério de Informação de Akaike

NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration* / Administração Nacional Oceânica e Atmosférica

ENSO - El Niño-Southern Oscillation / El Niño Oscilação Sul

MHW – *Marine heatwaves* / ondas de calor marinha

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	19
3.2	COLETA DE DADOS.....	21
3.3	PROCESSAMENTO DE DADOS.....	22
3.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	24
4	RESULTADOS.....	25
4.1	OCORRÊNCIA E PREVALÊNCIA POR ESPÉCIE.....	25
4.2	INTENSIDADE DE INFESTAÇÃO.....	28
4.3	PADRÕES ESPACIAIS DE OCORRÊNCIA E INTENSIDADE DE INFESTAÇÃO.....	30
5	DISCUSSÃO.....	34
6	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIAS.....	40
	APÊNDICE A - Prevalência anual de <i>Xenobalanus globicipitis</i> por espécie de cetáceo na Bacia de Santos, Brasil.....	46
	APÊNDICE B - Índice de intensidade de infestação de <i>Xenobalanus globicipitis</i> em indivíduos fotoidentificados de cetáceos na Bacia de Santos, Brasil.....	47

1 INTRODUÇÃO

Conhecidas por viverem fixas a um substrato rígido ou ao corpo de outros animais, as cracas da subclasse Cirripedia formam um grupo particular em termos de diversidade e abundância dentro dos Crustacea. O corpo dos cirrípedes é envolvido por uma carapaça (manto), que na maioria das vezes segrega uma concha calcária (NEWMAN e ABBOTT, 1980). Nessa subclasse estão inclusas as superordens Acrothoracica (cracas com apêndices torácicos na extremidade do tórax, encontradas em buracos de substrato calcário), Rhizocephala (parasitas modificados sem apêndices torácicos) e Thoracica (apêndices torácicos presentes ao longo de um tórax bem desenvolvido) (CRUZ et al., 2015), sendo este último o táxon mais diversificado, abundante e conspícuo dentro dos cirrípedes (NEWMAN e ABBOTT, 1980).

Denominadas de “cracas verdadeiras” (NEWMAN e ABBOTT, 1980), os cirrípedes torácicos têm capacidade de se estabelecer e crescer em diversos substratos, sejam eles naturais (esponjas, cnidários, cetáceos, tartarugas e rochas) ou artificiais, como boias e cascos de embarcações (PITOMBO e YOUNG, 2011). Seus representantes têm distribuição cosmopolita e estão presentes em ambientes estuarinos e marinhos, desde a zona entremarés às fossas abissais (CRUZ et al., 2015). De tamanho que varia de poucos milímetros a comprimentos acima de 10 cm, alimentam-se de plâncton e partículas suspensas na água através de projeções chamadas cirros (NEWMAN e ABBOTT, 1980). Os Thoracica atuais são divididos em cirrípedes pedunculados ou percebes (ordens Iblomorpha, Lepadomorpha e Scalpellomorpha) e não pedunculados ou sésseis (ordens Brachylepadomorpha, Verrucomorpha e Balanomorpha), nos quais as placas calcárias estão diretamente fixas ao substrato sem a presença de um pedúnculo (CRUZ et al., 2015).

Dentre os não pedunculados, os Balanomorpha diferenciam-se pela organização simétrica de estruturas do corpo (as ditas placas da muralha e do opérculo), além de constituírem o grupo com maior abundância de espécies (NEWMAN e ABBOTT, 1980) e importância econômica (PITOMBO e YOUNG, 2011) dentre os Thoracica. Cerca de 20 espécies são encontradas associadas a mamíferos marinhos, algumas delas se associam especialmente a cetáceos, como é o caso de espécies da família Coronulidae, dos gêneros *Coronula*, *Cryptolepas*, *Tubicinella* e *Xenobalanus* (FERTL e NEWMAN, 2018; AZNAR et al., 1994; RIBEIRO et al., 2011; SEILACHER, 2005).

As cracas da espécie *Xenobalanus globicipitis* (Steenstrup, 1851) são epibiontes obrigatórias e exclusivas de baleias e golfinhos, sendo registradas em pelo menos

34 espécies de cetáceos de regiões tropicais e temperadas (KANE et al., 2008). Com distribuição que vai da Antártica ao Ártico (KANE et al., 2008), *X. globicipitis* vive à deriva nas correntes oceânicas durante as fases larvais. Através de sinais químicos, reconhecem o hospedeiro adequado (CARRILLO et al., 2015), no qual penetra e se fixa na pele, onde completa seu desenvolvimento até a fase adulta (MORENO-COLOM et al., 2020; PUGLIESE et al., 2012; RIBEIRO et al., 2011). Estudos apontam um ciclo de vida de cinco a seis meses (VAN WAEREBEEK et al., 1993), além de uma possível reprodução sincronizada com o hospedeiro (FERTL e NEWMAN, 2018).

Curiosamente, as cracas *Xenobalanus* tipicamente colonizam os cetáceos nas bordas das nadadeiras caudal, dorsal e peitoral (Figura 1). Esses locais apresentam condições especiais, a partir da formação de vórtices de água que facilitam o estabelecimento e fixação das larvas, assim como maximizam a atividade filtradora das cracas (CARRILLO et al., 2015; MORENO-COLOM et al., 2020; PUGLIESE et al., 2012; SEILACHER, 2005). Além disso, contam com adaptações especiais (Figura 1) que maximizam essas atividades, como a concha, estrutura bastante reduzida, com formato de estrela de seis pontas e coloração esbranquiçada (RAJAGURU e SHANTHA, 1992; RIBEIRO et al., 2011), que penetra na epiderme do hospedeiro e ancora o restante do corpo, conferindo maior estabilidade. O corpo é estreito, cilíndrico, flexível, de superfície lisa e cor escura (RAJAGURU e SHANTHA, 1992; RIBEIRO et al., 2011) e estende-se a partir da concha como uma estrutura pedunculada, otimizando a atividade de filtração (CARRILLO et al., 2015; PUGLIESE et al., 2012; SEILACHER, 2005; TOTH-BROWN e HOHN, 2007).

Figura 1 – (a) cracas *Xenobalanus globicipitis* fixadas na nadadeira caudal de um golfinho. (b) conchas de *Xenobalanus globicipitis* fixadas na nadadeira caudal de um golfinho-listrado (*Stenella coeruleoalba*).



Fonte: (a) Luís Sánchez Tocino/Universidad de Granada <<https://litoraldegranada.ugr.es/el-litoral/el-litoral%20sumergido/fauna/artropodos/crustaceos/cirripedos/orden-sessilia/xenobalanus-globicipitis/>>. (b) Carrillo et al., 2015.

Apesar das cracas *Xenobalanus* por vezes serem referidas como parasitas, elas não se alimentam do hospedeiro. Como organismos que se nutrem das partículas em suspensão, beneficiam-se das correntes de água geradas pela natação dos cetáceos (TOTH-BROWN e TOTH, 2007; KANE et al., 2008). Entretanto, em abundância podem afetar a hidrodinâmica, mobilidade e fisiologia do hospedeiro (BEARZI e PATONAI, 2010; RIBEIRO et al., 2011; DÍAZ-AGUIRREZ et al., 2012). Os dados a respeito da prevalência de *Xenobalanus* em populações de cetáceos variam de 0.5 a 55% (KANE et al., 2008) e a intensidade de infestação entre indivíduos hospedeiros é altamente variável, com registro de mais de 100 indivíduos em um único hospedeiro (AZNAR et al., 2005).

Alguns fatores parecem influenciar a colonização das cracas – e consequentemente em sua prevalência –, como a mobilidade, hidrodinâmica, velocidade de natação e troca de pele do hospedeiro, além do enfraquecimento do sistema imunológico em animais doentes ou mais jovens (AZNAR et al., 1994; ORAMS e SCHUETZE, 1998). Condições ambientais como produção primária – maior abundância de cracas em áreas com maior concentração de nutrientes –, temperatura da água, distância da costa, profundidade – ausência de cracas em espécies que habitam profundidades elevadas –, e ressurgência também parecem influenciar a

ocorrência desses epibiontes (VAN WAEREBEEK et al., 1993; ORAMS e SCHUETZE, 1998; TOTH-BROWN e HOHN, 2007; KANE et al., 2008; BEARZI e PATONAI, 2010).

Apesar de ocorrer em todos os oceanos e ser amplamente estudada ao redor do mundo, os esforços que buscam compreender a relação *Xenobalanus*-hospedeiro em águas brasileiras ainda são poucos. Há registros dessa associação em *Grampus griseus* (SICILIANO et al., 1988), *Sotalia guianensis* (AZEVEDO et al., 1996; DI BENEDITTO e RAMOS, 2000), *Pontoporia blainvillei* (DI BENEDITTO e RAMOS, 2000) e *Tursiops truncatus* (AZEVEDO et al., 1996; DI BENEDITTO e RAMOS, 2000) em áreas de elevada produção primária na costa do Rio de Janeiro. Há também registros de *X. globicipitis* em *Sotalia guianensis* em São Paulo (YOUNG, 1991), em *Physeter macrocephalus* na costa da Bahia (ENGEL, 1994), e em *Stenella coeruleoalba* em um indivíduo doente na costa do Ceará (RIBEIRO et al., 2011). Recentemente foi registrada a presença de *Xenobalanus* em *Orcinus orca*, *Steno bredanensis*, *Stenella frontalis*, *Sotalia guianensis*, *Tursiops truncatus* e *Balaenoptera brydei* em São Paulo (SICILIANO et al., 2020).

Apesar dos muitos registros da relação *Xenobalanus*-hospedeiro na literatura, estes são geralmente oportunistas, não permitindo uma avaliação detalhada da prevalência e condições para a ocorrência. Dados sistematizados sobre a ocorrência, prevalência, distribuição e intensidade dessas cracas em baleias e golfinhos são essenciais para entender as causas e a natureza ecológica dessa interação. Neste estudo foi utilizado um banco de dados único de um extenso programa de monitoramento, iniciado em 2015, da comunidade de cetáceos ocorrente tanto em áreas costeiras quanto oceânicas da Bacia de Santos – área que se estende do Rio de Janeiro a Santa Catarina, Brasil. Trata-se de um esforço abrangente e inédito, tanto pela escala temporal e espacial, quanto pela riqueza de espécies e múltiplas abordagens metodológicas utilizadas. Com este banco de dados, pretende-se avaliar a ocorrência, prevalência e intensidade de infestação de *X. globicipitis* em múltiplas espécies de cetáceos e investigar as possíveis condições facilitadoras para a ocorrência dessa interação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a ocorrência, prevalência, distribuição e intensidade das cracas *Xenobalanus globicipitis* em baleias e golfinhos da Bacia de Santos, Brasil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a ocorrência e prevalência, por espécie de cetáceo, de *X. globicipitis* aderidas às nadadeiras;
- Estimar a intensidade das cracas *X. globicipitis* nos indivíduos a partir da relação entre a área exposta da nadadeira e a área colonizada pelas cracas;
- Avaliar a variação da intensidade em relação a latitude, longitude e espécie de cetáceo;
- Analisar a distribuição espacial a partir da posição geográfica de grupos de cetáceo com registro de *X. globicipitis* para identificar áreas de maior ocorrência e intensidade de cracas e relacionar esses dados com sazonalidade e profundidade.

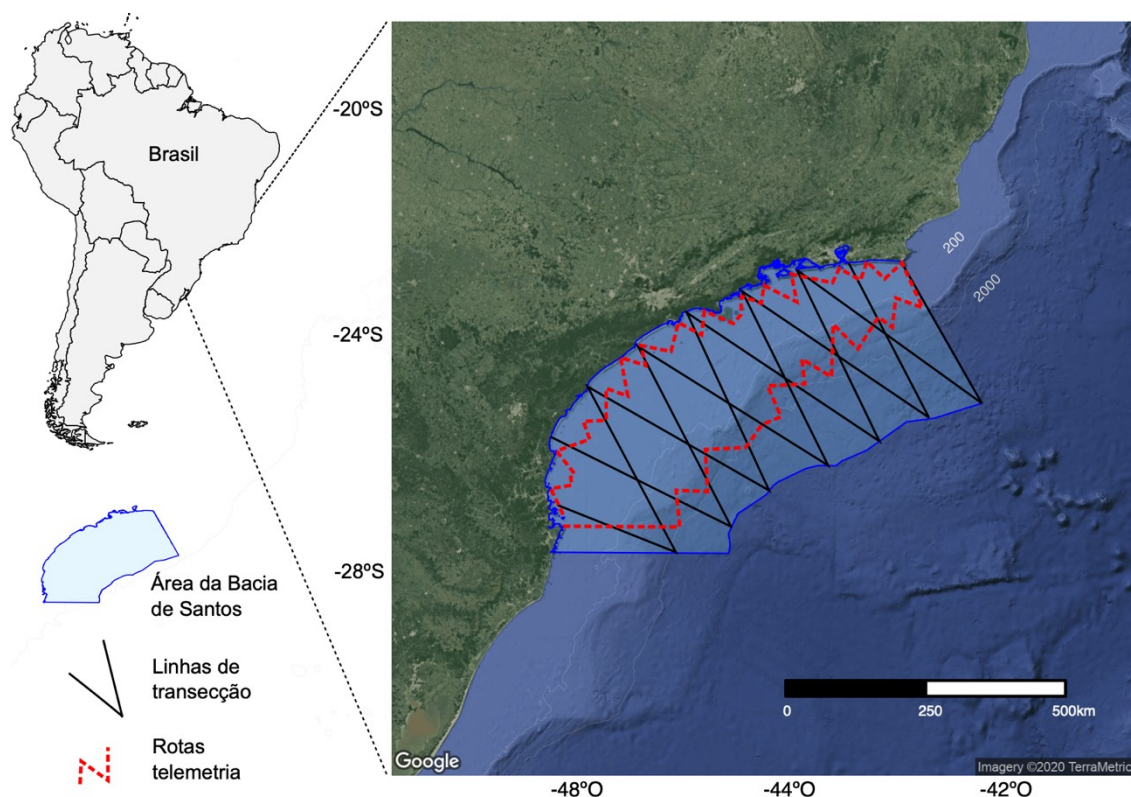
3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A costa brasileira compreende cerca de 9.198 km de extensão – sem contar as diversas ilhas e arquipélagos (AB'SÁBER, 2001). A área costeira do Brasil abrange os mais diversos ambientes (costões rochosos, praias, recifes de coral, mangues, águas costeiras e mar aberto), variando de regiões semi-temperadas até tropicais. Entretanto, o conhecimento da biodiversidade no ambiente marinho é muito limitado no Brasil, especialmente em regiões oceânicas mais profundas (JOLY et al., 2011).

A Baía de Santos está localizada na porção sudeste da margem continental brasileira, abrangendo os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. É limitada ao norte com a Baía de Campos pelo Alto de Cabo Frio e ao sul com a Baía de Pelotas pela Plataforma de Florianópolis, abrangendo uma área de cerca de 352 mil km² até a cota batimétrica de 3000m (MOREIRA et al., 2007) (Figura 2).

Figura 2 – Área compreendida pela Bacia de Santos no sudeste do Brasil (limites em azul) e rotas pré-definidas das campanhas de coleta de dados de Avistagem e Monitoramento Acústico Passivo (linhas de transecção) e Telemetria (rotas telemetria).



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2020).

A Bacia de Santos faz parte do ecossistema marinho *South Brazil Shelf* com base em suas características morfológicas, geológicas, físicas e químicas (SHERMAN et al., 1990). A região é também caracterizada por possuir uma plataforma continental larga com regiões que se aproximam de 200 km de extensão. Além disso, a Bacia de Santos possui produtividade moderada/alta e é caracterizada por apresentar elevada variabilidade temporal e espacial (EKAU e KNOPPERS, 2003).

De acordo com o Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural, em outubro de 2018 a Bacia de Santos foi a maior produtora brasileira de petróleo (ANP, 2018). Como exigência do órgão ambiental para o licenciamento das atividades, tem-se a elaboração do Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (PMC-BS) com o objetivo central de monitorar as populações de baleias e golfinhos da região.

3.2 COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados durante as campanhas de Avistagem e Monitoramento Acústico Passivo (MAP) e campanhas de Telemetria executados em cronograma pré-estabelecido pelo PMC-BS entre novembro de 2015 e 2019 a bordo de embarcação do tipo *mini supply* de 23,7 metros de comprimento e 6,0 metros de boca com dois motores Cummins de 325 HP cada. As campanhas de Avistagem e MAP utilizam o método de transecções lineares com amostragem de distância (*Distance Sampling*) (Figura 2), enquanto as campanhas de Telemetria seguem rotas pré-estabelecidas visando cobrir regiões com maior densidade e probabilidade de detecção de cetáceos (Figura 2). Nas campanhas de Avistagem e MAP foram coletados dados sobre a ocorrência, riqueza, densidade, abundância e distribuição das espécies de cetáceos, enquanto nas campanhas de Telemetria, dados de deslocamento, padrões comportamentais e de uso de habitat. Foram realizadas 18 campanhas até final de 2019, nove de Avistagem e MAP e nove de Telemetria. Em média, quatro campanhas foram realizadas por ano (duas de Avistagem e duas de Telemetria) sendo duas nas estações quentes e duas nas estações frias.

Nas campanhas de Avistagem a metodologia seguida consiste em percorrer um conjunto de linhas de transecção e realizar a contagem de cetáceos ao longo dessas linhas (BUCKLAND et al., 2001). No caso das campanhas de Telemetria, o traçado a ser seguido foi pré-estabelecido em duas rotas em ziguezague, sendo uma na região oceânica e outra na região costeira, cobrindo o máximo possível da área da Bacia de Santos.

A fotoidentificação foi realizada em ambas as campanhas (prioritariamente e de forma mais efetiva nas campanhas de Telemetria e oportunisticamente nas de Avistagem) e consiste na principal base de dados a ser utilizada no presente estudo. Em cada encontro de um grupo eram realizados registros fotográficos da nadadeira dorsal, que permitiam o registro de ocorrência de *Xenobalanus globicipitis*, bem como o reconhecimento individual do hospedeiro. O reconhecimento individual de cetáceos por fotografia é uma ferramenta não invasiva onde são utilizadas principalmente marcas naturais da nadadeira dorsal ou caudal, dependendo da espécie em questão, assim como seu formato, padrão de pigmentação, cicatrizes e arranhões (URIAN et al., 2015). Em cada encontro e sessão de fotoidentificação, também era registrado a data da avistagem, a espécie em questão, a latitude e longitude do grupo, e a profundidade para compor as análises.

3.3 PROCESSAMENTO DE DADOS

Em laboratório as fotos foram analisadas uma-a-uma a fim de identificar a presença de *Xenobalanus* na nadadeira dorsal dos indivíduos. Apesar de colonizar também as demais nadadeiras, foram considerados apenas os registros de indivíduos com *Xenobalanus* na nadadeira dorsal, já que essa pode ser mais facilmente observada quando o animal vem à superfície.

As imagens nas quais as cracas foram observadas em indivíduos previamente catalogados foram recortadas na região da nadadeira dorsal e armazenadas em uma pasta separada com a identificação do indivíduo em questão. Para as fotos com mais de um indivíduo com a presença de cracas, cada dorsal foi recortada e separada individualmente. No caso de mais de uma imagem do mesmo indivíduo, foi utilizada a com melhor foco, nitidez e melhor visualização das cracas.

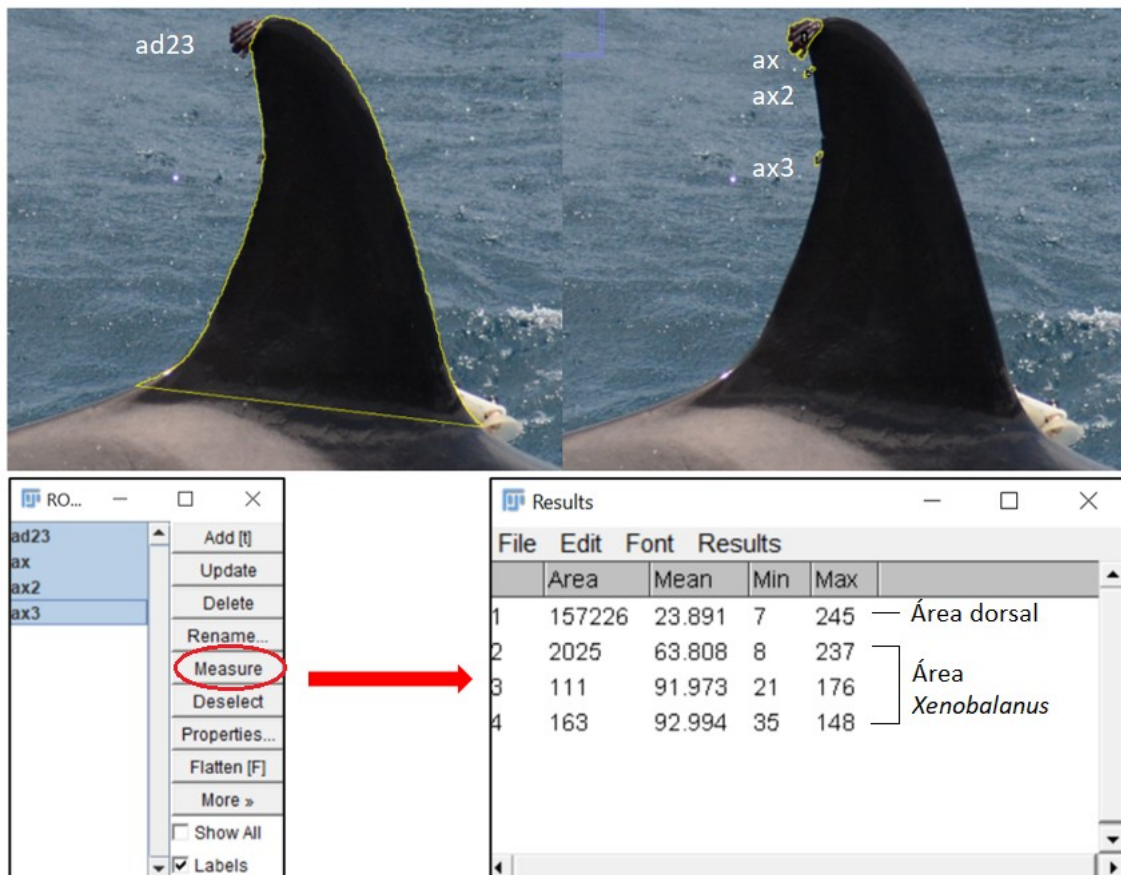
Para efeito de quantificação de prevalências, intensidade e distribuição, foram utilizados apenas indivíduos fotoidentificados a fim de evitar a superestimação dos dados por eventual duplicidade de registros, ou seja, um mesmo registro de *Xenobalanus* ser contabilizado duas vezes. As avistagens de *Xenobalanus* em indivíduos não foto-identificados foram utilizadas apenas para descrever o parâmetro de ocorrência da craca na espécie em questão. Uma vez identificada a presença de *Xenobalanus* na nadadeira dorsal de algum indivíduo fotoidentificado, era vinculado ao registro os dados complementares da ocorrência, como espécie, data, a identificação dos indivíduos (ID), posição geográfica e a profundidade do grupo.

Para calcular a prevalência por espécie, o número de indivíduos fotoidentificados com *Xenobalanus* foi dividido pelo total de indivíduos fotoidentificados para a espécie por ano. Como esta taxa de prevalência por espécie é baseada apenas na amostra de indivíduos fotoidentificados, espécies com poucos indivíduos fotoidentificados podem ter a taxa de prevalência enviesada, uma vez que os registros de *Xenobalanus globicipitis* podem, ao acaso, ocorrer ou não nesta amostra. Assim, a taxa de prevalência estimada para a amostra de indivíduos fotoidentificados foi extrapolada para a amostra total multiplicando a prevalência pelo número total de fotos por espécie. Esta nova medida foi chamada de expectativa de registros para a amostra total.

Para as estimativas de intensidade de infestação foram utilizadas as imagens cortadas das nadadeiras de cada hospedeiro e processadas no *software* ImageJ (SCHNEIDER et

al., 2012) para calcular a área da nadadeira colonizada pelas cracas. As dorsais foram contornadas desde a inserção anterior até a inserção posterior da nadadeira, medida chamada de área da dorsal. Após, foi estimada a área da dorsal colonizada pelas cracas, contornando toda a área ocupada por elas, desde o corpo até as estruturas de fixação. A partir dessas duas medidas, foi calculada a proporção da nadadeira dorsal coberta pelas cracas a partir da razão entre a área colonizada pela área total da dorsal (URIAN et al., 2018; Figura 3). Esse valor foi calculado para cada indivíduo, assim como a média entre indivíduos da mesma espécie, compondo o índice de intensidade de cracas.

Figura 3 – Estimativa de intensidade de infestação calculada no software *ImageJ* a partir da razão entre a área colonizada pelas cracas pela área da nadadeira dorsal de cetáceos fotoidentificados na Baía de Santos, Brasil.



Fonte: imagens obtidas do PMC-BS e adaptadas pelo próprio autor (2020).

Para a confecção dos mapas de distribuição foi utilizado o *software* QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2009), onde foram plotados os pontos de cada avistagem de grupos contendo hospedeiros com *Xenobalanus* a partir da posição geográfica.

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para avaliar como a intensidade de infestação de *Xenobalanus* varia de acordo com a latitude e longitude, foi ajustado um modelo linear generalizado com regressão binomial negativa e função de ligação “log” (cf. ZUUR *et al.*, 2010). Além da latitude e longitude, incluídas no modelo como variáveis explanatórias, a espécie foi incluída como variável aleatória.

Para avaliar a probabilidade de ocorrência de infestação de *Xenobalanus* em função da sazonalidade (estação do ano), latitude, longitude, profundidade e ano, foram ajustados um conjunto de modelos lineares generalizados com regressão binomial e função de ligação “logit”. Mais uma vez, a espécie foi incluída como variável aleatória. As variáveis explanatórias foram incluídas nos modelos de forma isolada, aditiva ou com termo de interação quando possível (ausência de colinearidade e sobre parametrização).

A construção dos modelos partiu dos modelos com maior número de parâmetros para o mais simples (*backward elimination*), e a seleção dos modelos seguiu o menor valor do Critério de Informação de Akaike (AICc). Foram considerados modelos ajustados aos dados todos aqueles com variação do AIC (ΔAIC) < 2 (BURNHAM; ANDERSON, 2002). Para o cálculo do AIC, ΔAIC e outros parâmetros foi utilizado o pacote ‘MuMIn’ (BARTON; BARTON, 2019). A validação dos modelos via análise de resíduos foi realizada no pacote DHARMA (HARTIG, 2018). Os preditos do modelo selecionado foram apresentados graficamente utilizando o pacote sjPlot (LÜDECKE, 2020). O limite de significância estatística foi 95% ($p < 0.05$). Todos os modelos foram gerados em R, versão 3.6.2 (R CORE TEAM, 2020), com pacotes vocacionados.

4 RESULTADOS

Foram realizadas 18 campanhas de novembro de 2015 a novembro de 2019, sendo nove campanhas de Avistagem e MAP e nove de Telemetria. No total, estas campanhas somaram 464 dias de amostragem com esforço de 5.089,75 horas e 33.424,4 milhas náuticas percorridas. Durante esses quatro anos de coleta de dados, 1.348 avistagens de pelo menos 26

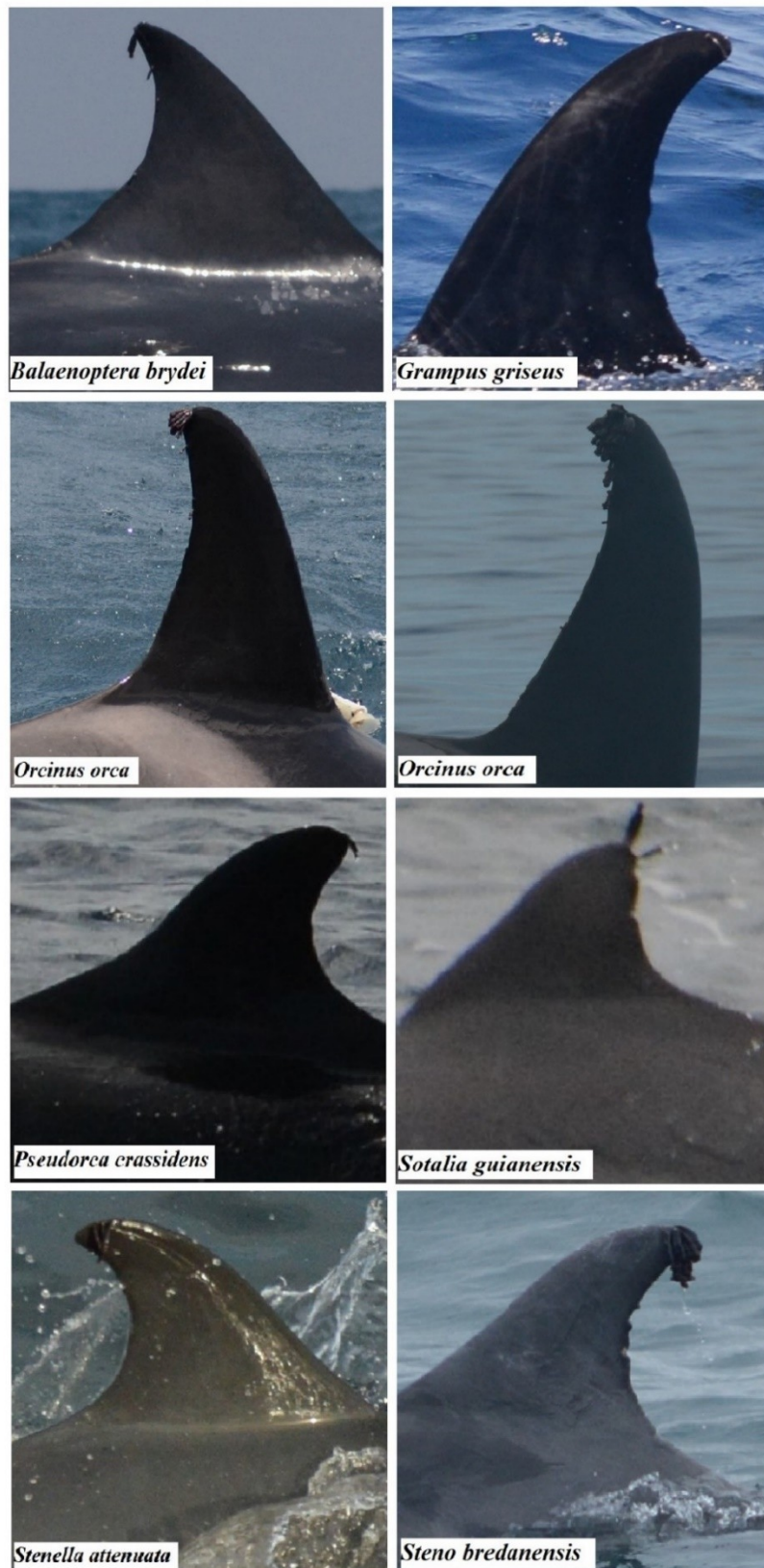
espécies de cetáceos foram registradas e 118.167 fotos coletadas. Essas fotos foram analisadas uma-a-uma a fim de identificar possíveis hospedeiros de *Xenobalanus globicipitis*.

Das 1.348 avistagens registradas pelo PMC-BS desde 2015, 5% (n=69) apresentaram ao menos um indivíduo do grupo com a presença de *Xenobalanus globicipitis* nos anos de 2017 (n=2), 2018 (n=21) e 2019 (n=46). Em cerca de 65% (n=45) desses registros, as cracas foram observadas em indivíduos fotoidentificados e catalogados previamente, sendo o primeiro registro em 2018. As demais (n=24) foram avistagens onde as cracas ocorreram em indivíduos não fotoidentificados. Dessa forma, foram totalizados 119 indivíduos de cetáceos fotoidentificados (sendo 118 odontocetos e um mysticetos) com presença de *Xenobalanus globicipitis* na nadadeira dorsal pertencentes a 13 espécies diferentes e observados entre os anos de 2018 e 2019.

4.1 OCORRÊNCIA E PREVALÊNCIA POR ESPÉCIE

Durante esses quatro anos de coleta de dados foram identificadas 26 espécies de cetáceos na Bacia de Santos. O presente estudo revelou a ocorrência de *Xenobalanus* em 14 espécies de cetáceos (algumas delas representadas na Figura 4), o que corresponde a 54% das espécies registradas pelo PMC-BS na área. Dessas, sete correspondem a novos registros de hospedeiros em território brasileiro(*): *Balaenoptera brydei*, *Delphinus* sp.*, *Feresa attenuata**, *Globicephala* sp.*, *Grampus griseus*, *Orcinus orca*, *Pseudorca crassidens**, *Sotalia guianensis*, *Stenella attenuata**, *Stenella clymene**, *Stenella frontalis*, *Stenella longirostris**, *Steno bredanensis* e *Tursiops truncatus*. O registro em *Stenella clymene* foi o único que não ocorreu na nadadeira dorsal, mas sim na caudal. Porém, o mesmo foi considerado por ser o primeiro registro para a espécie.

Figura 4 – Algumas das espécies hospedeiras de *Xenobalanus* identificadas no presente estudo na área compreendida pela Bacia de Santos, Brasil.

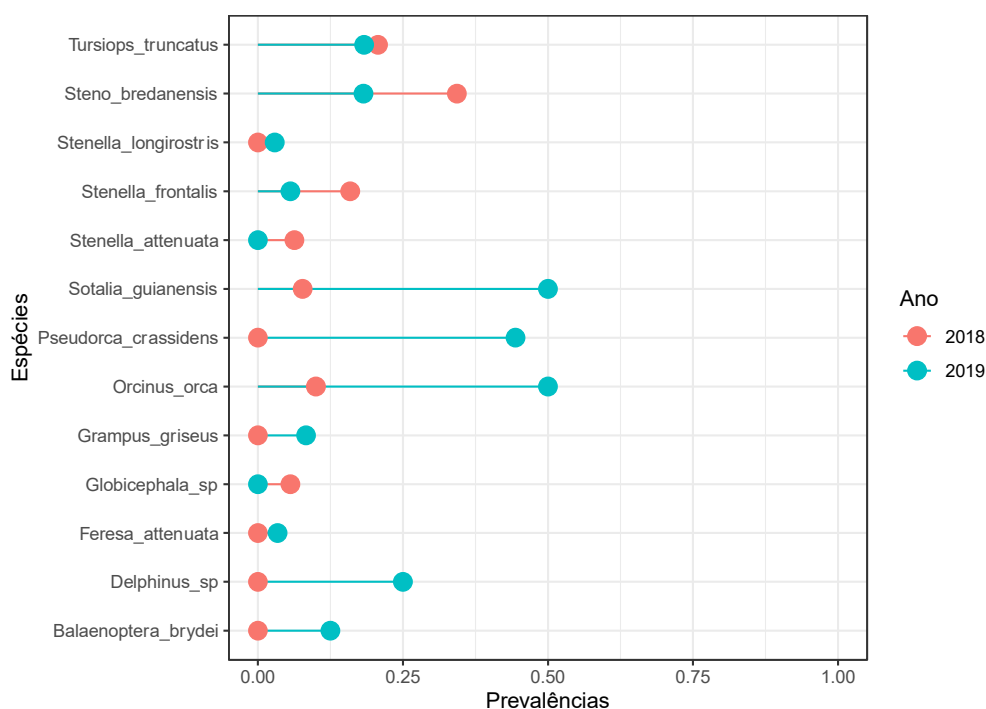


Fonte: imagens obtidas do PMC-BS e adaptadas pelo próprio autor (2020).

Para quantificação de prevalência somente os indivíduos fotoidentificados com cracas na nadadeira dorsal foram utilizados (n=119), o que corresponde a cerca de 7% do total

de indivíduos catalogados no período compreendido pelo presente estudo. A prevalência calculada para cada espécie por ano (Figura 5; apêndice A) mostrou que para a maioria das espécies o ano de 2019 teve taxas de prevalência mais altas em comparação ao ano anterior.

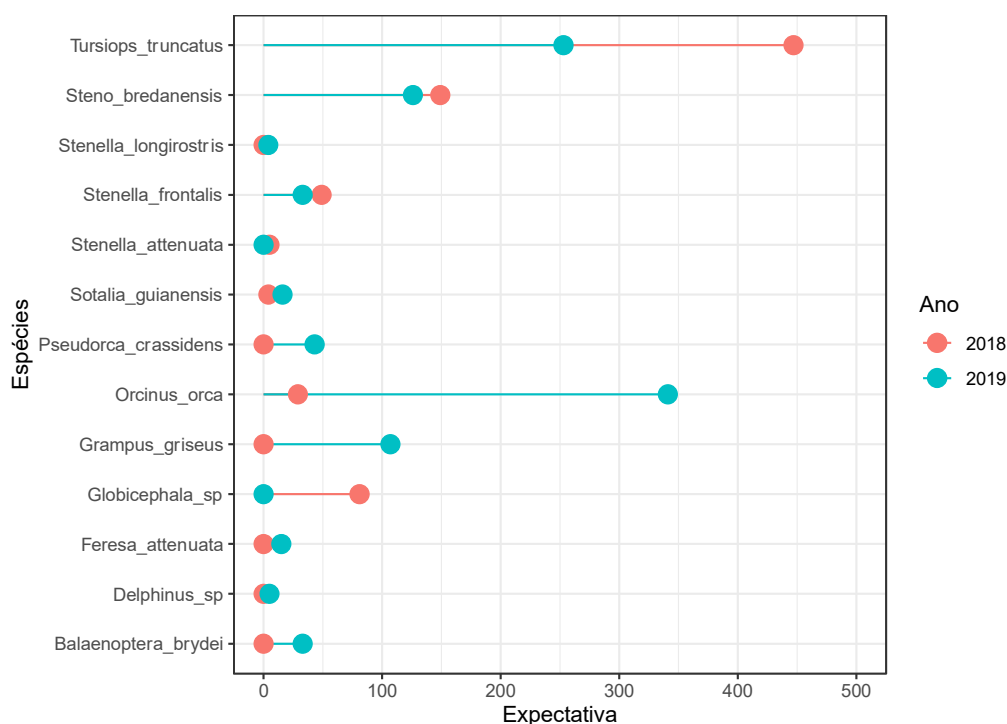
Figura 5 – Taxas de prevalência de *Xenobalanus globicipitis* calculadas por espécie de cetáceos considerando somente registros em indivíduos fotoidentificados nos anos 2018 e 2019 na Baía de Santos, Brasil.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2020).

Como a prevalência de registros pode variar em função da amostra - espécies com poucos registros fotográficos podem apresentar alta prevalência de *Xenobalanus globicipitis* devido ao acaso dos registros ocorrerem apenas nos indivíduos fotoidentificados -, a taxa de prevalência foi multiplicada pelo número total de fotos da espécie com fins a apresentar o número de registros de *Xenobalanus globicipitis* esperado por espécies, o que foi chamado de expectativa de registros. Considerando essa correção pelo tamanho da amostra, o golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) e a orca (*Orcinus orca*) foram as espécies com a maior expectativa de registros (Figura 6).

Figura 6 – Expectativa de registros (prevalências multiplicadas pelo tamanho da amostra – número de fotos) de *Xenobalanus globicipitis* calculadas por espécie de cetáceos considerando somente registros em indivíduos fotoidentificados nos anos 2018 e 2019 na Baía de Santos, Brasil.



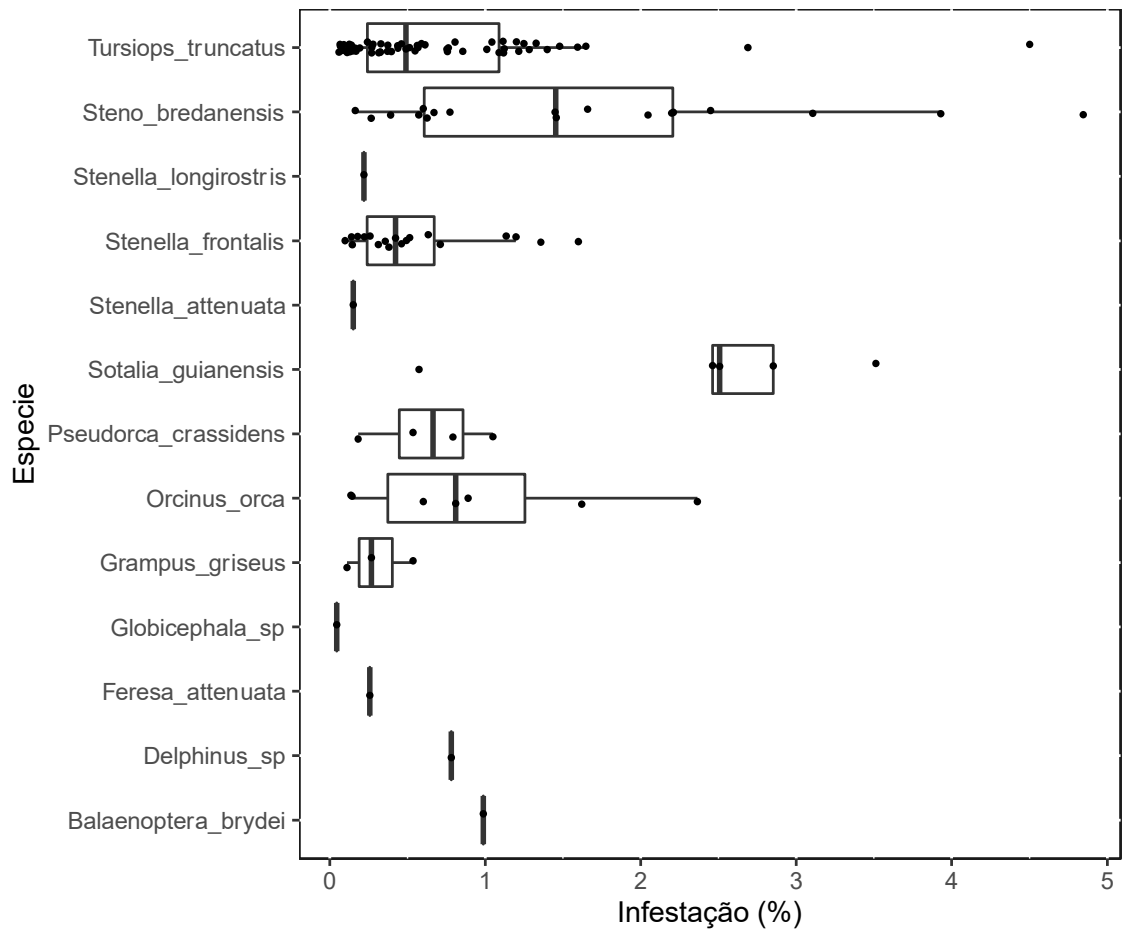
Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2020).

4.2 INTENSIDADE DE INFESTAÇÃO

Foi estimada a intensidade de *Xenobalanus* nos 119 indivíduos e a média calculada para cada espécie (Figura 7; apêndice B). No geral, nota-se muita variação nos dados, sugerindo que a intensidade de infestação varia entre indivíduos ou encontra-se em diferentes estágios de infestação. Não foram comparados os dados entre as espécies já que existe elevada variação de tamanhos das nadadeiras entre as espécies de cetáceos.

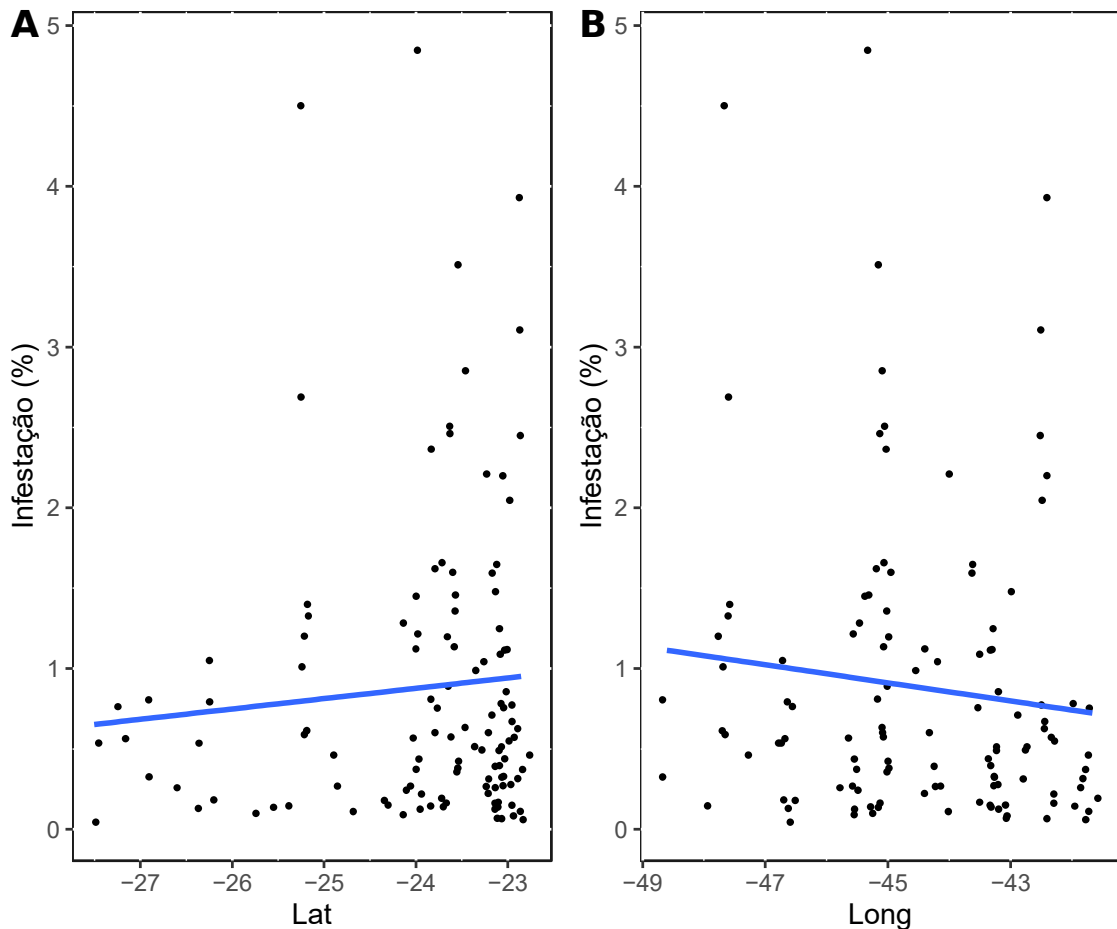
A intensidade de infestação também variou em função da latitude e longitude dos registros. O modelo linear ajustado (Figura 8), que incluiu espécie como variável aleatória para considerar o efeito da variação entre espécies, sugere que menores latitudes (mais ao norte, ou seja, águas mais quentes) e longitudes mais próximas da costa, maiores as taxas de infestação (Latitude: Estimativa = 0.4352; s.d = 0.1824; z-value= 2.386; p = 0.01704; Longitude: Estimativa = -0.3151; s.d = 0.1045; z-value= -3.014; p = 0.00258).

Figura 7 – Intensidade de infestação de *Xenobalanus globicipitis* por espécie (%) considerando a média entre indivíduos com infestação na nadadeira dorsal na Baía de Santos, Brasil.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2020).

Figura 8 – Modelo linear generalizado com regressão binomial negativa para testar a variação da intensidade de infestação de cracas *Xenobalanus globicipitis* em função da latitude (Lat; A) e longitude (Long; B) em cetáceos fotoidentificados na Baía de Santos, Brasil.



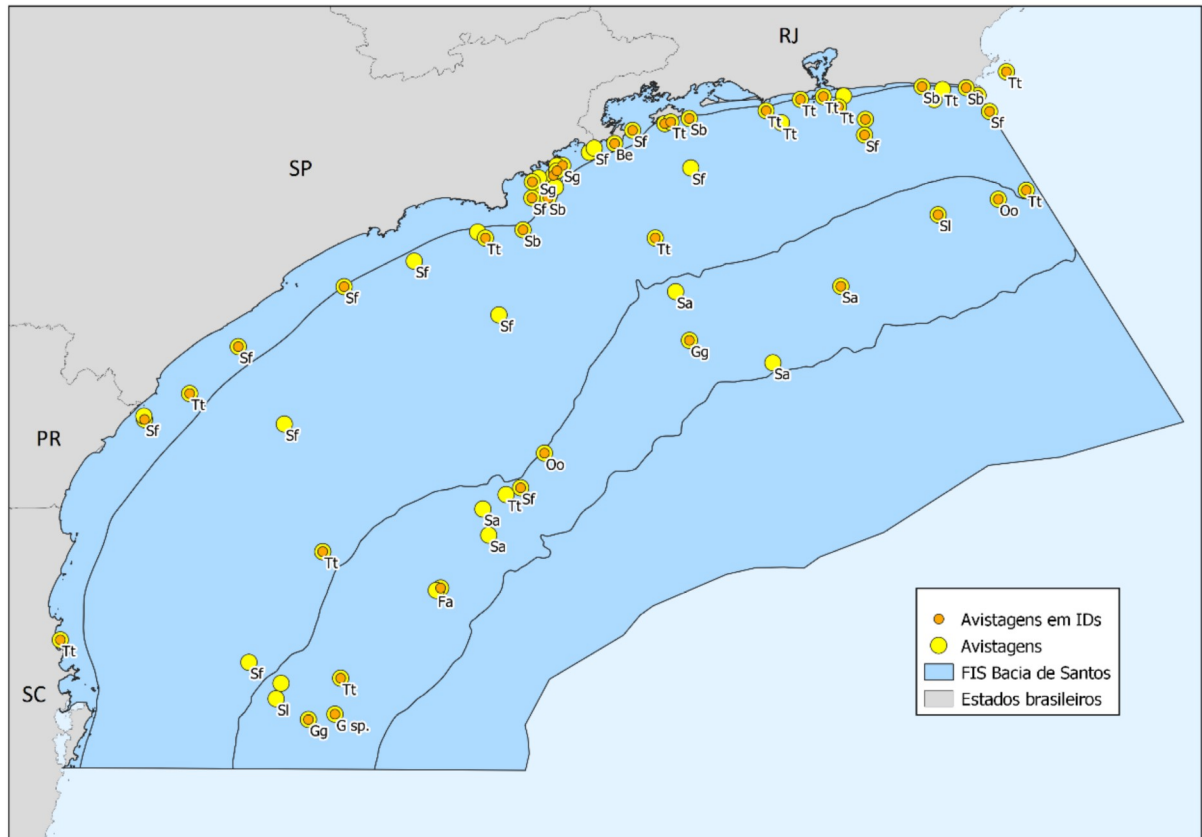
Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2020).

4.3 PADRÕES ESPACIAIS DE OCORRÊNCIA E INTENSIDADE DE INFESTAÇÃO

Os pontos de avistagem de grupos com pelo menos um hospedeiro de *Xenobalanus* foram plotados espacialmente a fim de identificar áreas de maior ocorrência. Grupos com *Xenobalanus* foram encontrados tanto na costa como em águas oceânicas da Baía de Santos em profundidades que variam de 5 a 1.829 metros. Entretanto, além de mais intensos, os registros também foram mais frequentes em regiões rasas e próximas à costa, sendo 67,64% (n=46) deles em profundidades de até 100m (Figura 9). Cerca de 28% (n=19) dos grupos com casos de *Xenobalanus* foram avistados entre a cota batimétrica de 100 a 1000m. Apenas quatro (5,88%) foram em profundidades a cima de 1000m, são elas: uma avistagem de *Grampus griseus* a 1.104m, uma de *Globicephala* sp. a 1.247m e duas de *Stenella attenuata*, uma a 1.256m e a outra a 1.829m.

Figura 9 – Total de avistagens de grupos com pelo menos um registro de indivíduo com *Xenobalanus* na Baía de Santos. Os pontos em amarelo representam todas as 69 avistagens, enquanto os em laranja representam os 45 grupos onde os hospedeiros foram fotoidentificados.

Tt = *Tursiops truncatus*; Sf = *Stenella frontalis*; Sl = *Stenella longirostris*; Gg = *Grampus griseus*; G sp. = *Globicephala* sp.; Fa = *Feresa attenuata*; Sa = *Stenella attenuata*; Oo = *Orcinus orca*; Sg = *Sotalia guianensis*; Be = *Balaenoptera brydei*; Sb = *Steno bredanensis*; D sp. = *Delphinus* sp.; Pc = *Pseudorca crassidens*; Sc = *Stenella clymene*.



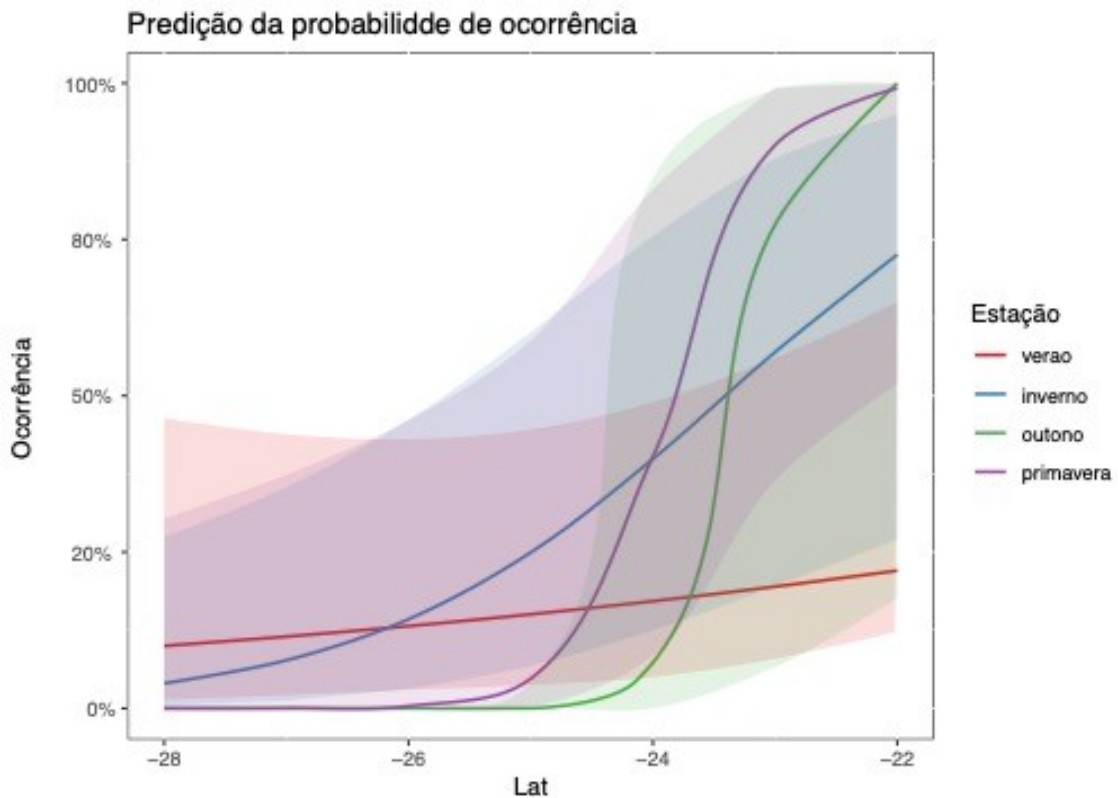
Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2020).

O modelo linear que avaliou a variação da ocorrência como variável binária presença-ausência em função da sazonalidade (estação do ano), latitude, longitude, profundidade e ano (2018 e 2019) – incluindo espécie como variável aleatória – sugere que apenas a latitude e a estação do ano (efeito marginal) afetam a probabilidade de ocorrências (Latitude: Estimativa = 0.6917; s.d = 0.2447; z-value= 2.827; p = 0.004; Estação verão: Estimativa = -14.031; s.d = 7.901; z-value= -1.776; p = 0.0757), com uma moderada interação entre essas duas variáveis (Interação: Estimativa = -0.5361; s.d = 0.3203; z-value= -1.674; p = 0.0941).

A probabilidade de ocorrência de *Xenobalanus* foi significativamente maior em latitudes menores. Esse padrão não ocorre no verão, quando a probabilidade de ocorrência se

mantém independente da latitude (Figura 10). Nas estações mais frias, a ocorrência se dá em águas mais quentes, enquanto no verão a ocorrência se altera pouco latitudinalmente.

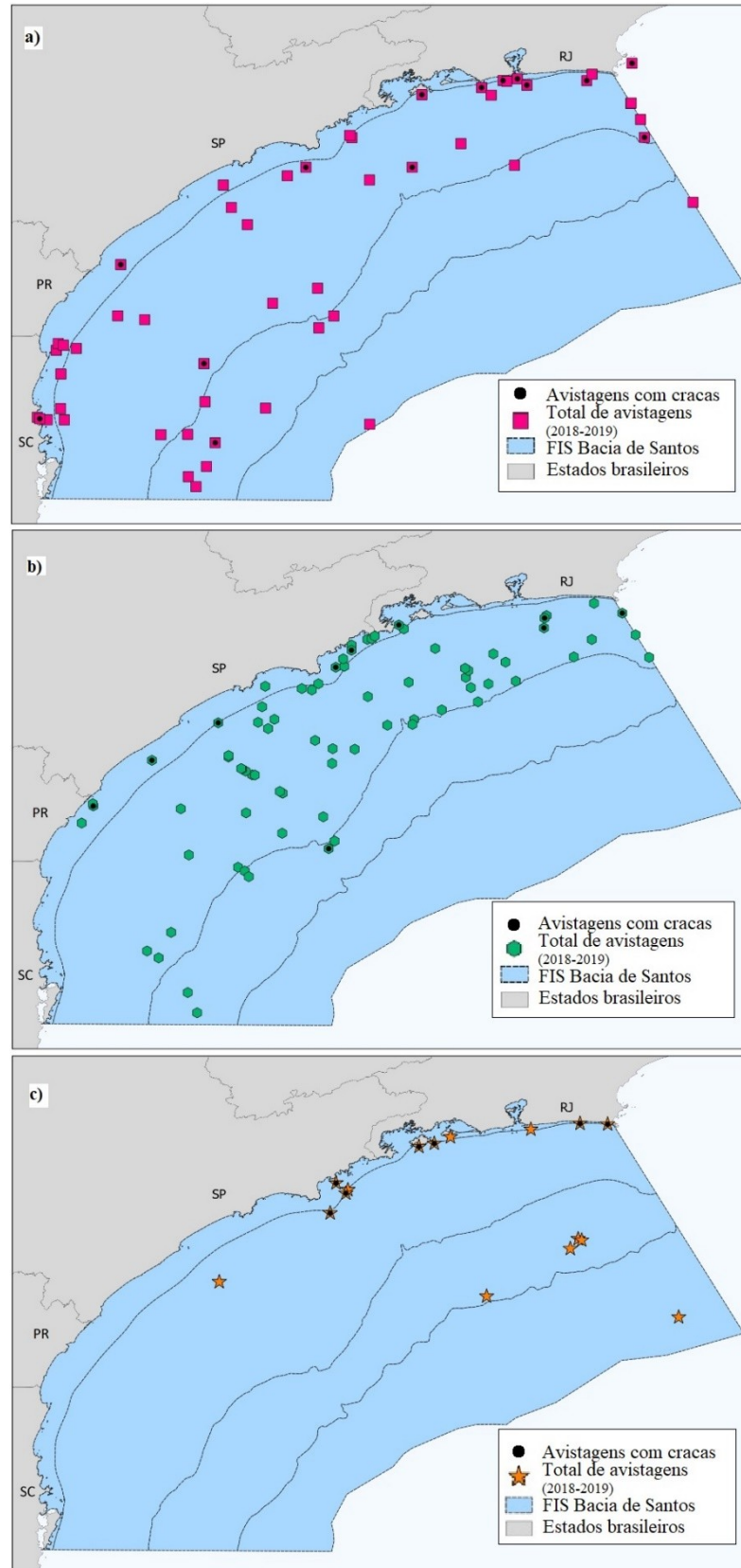
Figura 10 – Predição do modelo linear generalizado para a probabilidade de ocorrência de infestação de *Xenobalanus globicipitis* em cetáceos fotoidentificados da Bacia de Santos, em função da estação do ano e latitude. Linhas cheias representam os valores preditos e sombreados representam intervalos de confiança.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2020).

Para as espécies com maior número de registros de ocorrência de *Xenobalanus* – *Tursiops truncatus*, *Stenella frontalis* e *Steno bredanensis* – o padrão de distribuição confirma ocorrências mais próximas a costa e em latitudes menores (Figura 11) entre o litoral de São Paulo e Rio de Janeiro, apesar da ocorrência de alguns registros mais ao sul e em áreas oceânicas. Estas ocorrências em áreas distantes da costa são mais ocasionais e podem estar relacionadas a um padrão de movimento longitudinal dos hospedeiros.

Figura 11 – Mapas de distribuição de ocorrência de *Xenobalanus* nas três espécies com maior número de registros na Bacia de Santos, Brasil. (a) *Tursiops truncatus* – golfinho-nariz-de-garrafa. (b) *Stenella frontalis* – golfinho-pintado-do-Atlântico. (c) *Steno bredanensis* – golfinho-de-dentes-rugosos.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2020).

5 DISCUSSÃO

O presente estudo constatou a presença de *Xenobalanus globicipitis* em 54% (n=14) das espécies de cetáceos da região e em cerca de 7% (n=119) dos indivíduos fotoidentificados entre o final dos anos de 2015 e 2019 na Bacia de Santos.

Onze das 14 espécies hospedeiras observadas neste trabalho já haviam sido registradas como hospedeiras de *Xenobalanus* ao redor do mundo: *Orcinus orca* (e.g. MATTHEWS et al., 2020; WHITEHEAD et al., 2014), *Tursiops truncatus* (e.g. TOTH-BROWN e HOHN, 2007; URIAN et al., 2018), *Stenella clymene* (JEFFERSON et al., 1995), *Delphinus* sp. (e.g. DAILEY e WALKER, 1978; SAMARAS, 1989), *Grampus griseus* (e.g. KANE et al., 2008; RAJAGURU e SHANTHA, 1992), *Globicephala* sp. (e.g. SAMARAS, 1989; KANE et al., 2008), *Steno bredanensis* (ADDKINK e SMEENK, 2001; KANE et al., 2008), *Feresa attenuata* (RAJAGURU e SHANTHA, 1992; KANE et al., 2008), *Pseudorca crassidens* (RAJAGURU e SHANTHA, 1992; KANE et al., 2008), *Stenella attenuata* (e.g. KANE et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2011) e *Stenella longirostris* (KANE et al., 2008). As demais espécies (*Stenella frontalis*, *Sotalia guianensis* e *Balaenoptera brydei*) só foram registradas com *Xenobalanus globicipitis* em território brasileiro até o momento (SICILIANO et al., 1988; YOUNG, 1991; SICILIANO et al., 2020), sendo este o segundo registro para *S. frontalis* e *B. brydei* e o quinto para *S. guianensis*. Além destas, *Orcinus orca*, *Tursiops truncatus*, *Grampus griseus* e *Steno bredanensis* também já haviam sido registradas em águas brasileiras (SICILIANO et al., 2020; DI BENEDITTO e RAMOS, 2000; AZEVEDO et al., 1996; SICILIANO et al., 1988). Portanto, o presente estudo apresenta o primeiro registro das espécies *Delphinus* sp., *Feresa attenuata*, *Globicephala* sp., *Pseudorca crassidens*, *Stenella attenuata*, *Stenella clymene* e *Stenella longirostris* com a presença de cracas *Xenobalanus globicipitis* na costa do Brasil.

Dois registros de *Xenobalanus* em cetáceos foram observados em 2017 na Bacia de Santos pelo presente estudo. Esse número aumentou para 21 avistagens em 2018 e 46 em 2019. Este padrão coincide com o observado por estudos que monitoram a costa de São Paulo regularmente desde meados de 2004 e que somente a partir de julho de 2018 registraram a presença de *Xenobalanus* em cetáceos na região (SICILIANO et al., 2020). Outro trabalho desenvolvido nas proximidades, cujo esforço amostral ocorreu em 2005, não registrou a presença de *Xenobalanus* em golfinhos-de-dentes-rugosos (CARDOSO et al., 2019). Assim como a análise de 82 carcaças de 14 espécies de cetáceos obtidas ao longo da costa brasileira entre 1994 e 2009 que registraram a presença de um único indivíduo de golfinho-listrado com *Xenobalanus* na nadadeira (CARVALHO et al., 2010). Além disso, o boto-cinza e o

golfinho-nariz-de-garrafa são amplamente estudados no Brasil (e.g. ROSSI-SANTOS et al., 2007; LODI, 2003; DAURA-JORGE et al., 2003; WEDEKIN et al., 2008; LODI, 2016) e praticamente não há registro prévio da presença de *Xenobalanus* nessas espécies. As primeiras ocorrências dessa interação foram publicadas até início dos anos 2000 (SICILIANO et al., 1988; YOUNG, 1991; AZEVEDO et al., 1996; DI BENEDITTO e RAMOS, 2000) e depois somente no final de 2018 (SICILIANO et al., 2020).

Variações climáticas, em especial da temperatura, podem estar relacionadas com estes recentes registros de *Xenobalanus* em cetáceos (WHITEHEAD et al., 2014; MATTHEWS et al., 2020). Aparentemente, estes registros crescentes vêm ocorrendo em múltiplas áreas do globo. Eventos de El Niño (ENSO) são caracterizados pelo aumento de temperatura da água do Oceano Pacífico tropical, com duração de seis a 18 meses, que ocorre periodicamente (MOLION, 2005). O último fenômeno de ENSO teve início em outubro de 2018 e estendeu-se até meados de 2019 (PETROVA et al., 2020). Essa condição é responsável por alterar a dinâmica dos ecossistemas marinhos e terrestres (TIMMERMANN et al., 2018) e, embora seus efeitos sejam difíceis de prever em uma escala ampla, podem ser responsáveis pelas variações nas condições abióticas, se alguma, que favoreceram o aumento repentino de *Xenobalanus* em escala global.

Segundo a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), o ano de 2018 foi o quarto ano mais quente dos últimos 140 anos (NOAA, 2019), sendo marcado como um ano de eventos climáticos extremos (LEVIN e TIRPAK, 2018). Essas mudanças climáticas correntes têm causado o aumento na frequência, intensidade e duração das chamadas *marine heatwaves* (MHWs), caracterizadas por um aumento anômalo e prolongado da temperatura da água em áreas específicas dos oceanos (SHANKS et al., 2019). Recentemente foram registrados eventos de MHWs mundo a fora, incluindo no Oceano Pacífico e Atlântico (FROLICHER e LAUFKOTTER, 2018). Os efeitos dessas ondas de calor nos organismos são diversos e frequentemente extremos, especialmente naqueles com mobilidade reduzida e alta vulnerabilidade (FROLICHER et al., 2018), o que pode ter contribuído com o súbito aumento no número de casos de cracas *Xenobalanus* associadas a cetáceos mundo a fora.

As taxas de prevalência anuais de *Xenobalanus* nesse estudo variaram entre as espécies de cetáceos de valores de 1% a cerca de 50%, seguindo o padrão já registrado na literatura (KANE et al., 2008). Para algumas espécies, as taxas de prevalência anuais não tiveram alteração muita alteração de um ano para o outro, enquanto outras tiveram um aumento considerável em 2019. No geral, é notável que o ano de 2019 foi o ano com as

maiores taxas, sugerindo que as condições que favoreceram o aumento no número de registros de *Xenobalanus* em 2018 se mantiveram ou se intensificaram em 2019. A média entre os anos revelou que *Orcinus orca*, *Sotalia guianensis* e *Steno bredanensis* apresentaram as maiores taxas, as quais são espécies largamente estudadas ao longo dos Oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, sendo as orcas uma das espécies mais amplamente distribuídas do mundo (e.g. WEST et al., 2011; WELLS e SCOTT, 2018; FORD, 2018). Não há estudos que estimem a prevalência de cracas *Xenobalanus* em *Steno bredanensis* e *Sotalia guianensis*, sendo este o primeiro levantamento realizado para estas espécies. No caso de *Orcinus orca* os valores de prevalência encontrados na literatura variam de 20% a 50% (WHITEHAD et al., 2014; KANE et al., 2008; MATTHEWS et al., 2020).

Como o número de fotos variou muito de espécie para espécie e sabendo que isso pode influenciar as estimativas de prevalência, a correção desse dado a partir do número de fotos mostrou a expectativa de registros por espécie. Em termos desta expectativa, destacaram-se as espécies *Tursiops truncatus* e *Orcinus orca*. Para *Tursiops truncatus*, estudos prévios estimaram uma prevalência bastante variável – 0.2% a 55% (TOTH-BROWN e HOHN, 2007; VAN WAEREBEEK et al., 1990; DÍAZ-AGUIRRE et al., 2012; BEARZI e PATONAI, 2010; KANE et al., 2008) -, sendo que em território brasileiro esse número foi de 20% em uma amostra de cinco indivíduos capturados acidentalmente em redes de pesca no Rio de Janeiro (DI BENEDITTO e RAMOS, 2002).

A intensidade de cracas *Xenobalanus* variou bastante entre os indivíduos e entre as espécies. O método utilizado no presente estudo para estimar as taxas de infestação difere da maioria das abordagens encontradas na literatura, que em geral fazem a contagem direta do número de cracas presentes em cada indivíduo, uma vez que estes eram encalhes. Poucos trabalhos buscaram calcular tal medida e nem todos os autores expuseram os valores encontrados. Isto dificulta comparações, embora seja uma nova abordagem a ser explorada por estudo futuros com animais em vida livre. No entanto, essa estimativa deve ser analisada com cautela, já que utiliza como base a área colonizada pelas cracas nas nadadeiras. São muitos os fatores que influenciam a determinação da área ocupada pelas cracas nas fotos, como o ângulo, a luz incidida no momento da foto, a perpendicularidade e o lado fotografado da nadadeira. Ainda, deve-se levar em consideração que os indivíduos de *Xenobalanus* atingem poucos centímetros de comprimento em comparação ao tamanho da nadadeira dos cetáceos. Por fim, sugere-se na literatura que novas cracas se aderem em regiões já colonizadas por outras cracas, aglomerando-se e permanecendo próximas umas das outras

(MORENO-COLOM et al., 2020; KANE et al., 2008), o que dificulta uma determinação precisa da área ocupada pelas mesmas, já que elas podem estar sobrepostas e acabarem ocupando a mesma área do ponto de vista fotográfico. Essa variação observada também pode ser reflexo de diferentes estágios de infestação entre os indivíduos. Ainda assim, esta medida de intensidade pode contribuir para a identificação das condições que favorecem o desenvolvimento de *Xenobalanus*.

Das espécies já observadas, *Sotalia guianensis* e *Steno bredanensis* apresentaram maiores índices de intensidade de cracas. Siciliano et al. (2020) registraram alta abundância de *Xenobalanus* em golfinhos-de-dentes-rugosos na mesma região. *Sotalia guianensis* e *Steno bredanensis* são golfinhos de hábito predominantemente costeiro no sudeste brasileiro (BISI et al., 2013; LODI, 2003). A alta intensidade de cracas nessas espécies, somado ao resultado do modelo que testou a variação da intensidade em função da variável latitude/longitude, sugere um padrão latitudinal e longitudinal favorável à ocorrência de *Xenobalanus*, ocorrendo maiores infestações em regiões mais próximas da costa e temperaturas mais elevadas (latitude menor). O padrão latitudinal e longitudinal também foi observado para as espécies com maior número de registros de ocorrência de *Xenobalanus*: *Tursiops truncatus*, *Steno bredanensis* e *Stenella frontalis*. É possível observar que apesar de alguns registros terem ocorrido em áreas oceânicas, tem-se uma maior concentração em regiões próximas à costa e mais ao norte na Bacia de Santos, entre o litoral de SP e RJ. Além disso, nessa região há intensa atividade de ressurgência, que consiste na subida de águas mais frias e ricas em nutrientes para camadas superficiais do oceano (VALENTIN, 2001). Em se tratando de animais filtradores, as cracas podem ser beneficiadas com a maior oferta de nutrientes presente na água nessas regiões, podendo este ser outro fator facilitador da maior ocorrência de *Xenobalanus* em cetáceos na região.

Ainda, apesar da presença de *Xenobalanus* já ter sido associada a uma condição de saúde debilitada do hospedeiro (AZNAR et al., 2005), no presente estudo não foram observadas condições atípicas nos indivíduos e relação destas com a intensidade de cracas, assim como também não foi observada essa relação em estudos recentes (SICILIANO et al., 2020; URIAN et al., 2018).

Mesmo ocorrendo em todos os oceanos, a maioria das avistagens de *Xenobalanus* em cetáceos acontecem em regiões tropicais e temperadas (RAJAGURU e SHANTHA, 1992; KANE et al., 2008) e estudos recentes, como supracitado, sugerem que os hospedeiros adquirem as cracas em águas de temperatura elevada (MATTHEWS et al., 2020;

WHITEHEAD et al., 2014). Estudos recentes que buscaram determinar estoques populacionais a partir da intensidade de cracas, cuja metodologia de estimativa de infestação foi semelhante à adotada do presente estudo, também observou um aumento nos índices de infestação em temperaturas mais elevadas (URIAN et al., 2018). Isso indica que possivelmente exista certa preferência por temperaturas mais altas em algum estágio de vida de *Xenobalanus*. De fato, este estudo encontrou um padrão semelhante em relação à ocorrência de *Xenobalanus*, observando valores maiores em latitudes menores. Essa observação corrobora a hipótese de temperatura como principal fator determinante da ocorrência de *Xenobalanus* em cetáceos.

Os dados de prevalência e intensidade de infestação mostrados no presente estudo podem estar subestimados devido às dificuldades de conduzir estudos com base em fotografias de animais de vida livre. No entanto, guardam informações valiosas do registro dessa interação enquanto a mesma ocorre, diferente de muitos estudos baseados em animais encalhados que, embora permitam uma melhor avaliação da intensidade e prevalência de cracas, não oferecem informações de ocorrência em termos espaciais. Assim, o presente trabalho traz informações inéditas tanto para a costa da América do Sul quanto globalmente. Trata-se do maior e mais amplo monitoramento sistemático existente, tanto em escala espacial quanto temporal. A continuação deste monitoramento será fundamental para compreender esta relação craca-hospedeiro, tanto em escala local quanto em escala global, assim como entender as diversas questões a respeito da ecologia das espécies envolvidas. Este trabalho também contribui para o reconhecimento da biodiversidade marinha brasileira, assim como os potenciais impactos que afetam o ecossistema.

6 CONCLUSÃO

As cracas *Xenobalanus* foram observadas em 14 espécies na Bacia de Santos, sendo sete destas novos registros em território brasileiro, elevando o número de espécies hospedeiras conhecidas no Brasil de 11 para 18. Esses registros ocorreram principalmente nos anos de 2018 e 2019, apesar de estudos serem conduzidos na região desde anos anteriores. Este aumento repentino nos registros de *Xenobalanus* em cetáceos pode estar associado a eventos de mudanças climáticas, como El Niño e *marine heatwaves*, os quais podem alterar a dinâmica dos ecossistemas marinhos. As taxas anuais de prevalência de cracas variaram

bastante entre as espécies, com destaque para o ano de 2019 cujas taxas foram mais elevadas para a maioria das espécies. A média entre os anos mostrou valores mais elevados para *Orcinus orca*, *Sotalia guianensis* e *Steno bredanensis*. Como o número de fotos variou muito de espécie para espécie e sabendo que isso pode influenciar nas estimativas de prevalência, a correção desse dado a partir do número de fotos mostrou a expectativa de registros por espécie, onde houve destaque para as espécies *Tursiops truncatus* e *Orcinus orca*. O índice de infestação de cracas também apresentou elevada variação entre as espécies, sendo *Sotalia guianensis* e *Steno bredanensis* as espécies com maiores taxas. Além disso, sugere-se um padrão latitudinal e longitudinal em relação a ocorrência e intensidade de cracas: maiores infestações em regiões mais próximas da costa e temperaturas mais elevadas (latitude menor), o que indica que possivelmente a temperatura atue como principal fator determinante na ocorrência de *Xenobalanus*. Este estudo contribui para o reconhecimento da biodiversidade marinha brasileira, os potenciais impactos que afetam esse ecossistema, assim como apresenta dados inéditos tanto para em escala local quanto global, pois trata-se do maior e mais amplo monitoramento sistemático existente, tanto em escala espacial quanto temporal.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N.; HOLMQUIST, C. **Litoral do Brasil: Brazilian Coast**. [S.l: s.n.], 2001.
- ADDINK, M. J.; SMEENK, C. Opportunistic feeding behaviour of rough-toothed dolphins *Steno bredanensis* off Mauritania. **Zoologische Verhandelingen**, v. 334, p. 37-48, 2001.
- ANP. **Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural**, outubro/2018. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/publicacoes/boletins-anp/2395-boletim-mensal-da-producao-de-petroleo-e-gas-natural>. Acesso em: 18 nov. 2020.
- AZEVEDO, A.; SOARES, M.P.; DE CASTRO, M.C.T.; LAILSON-BRITO JR., J.; GURGEL, M.I. Ocorrência de epizoítos em cetáceos na costa do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *In*: XXI Congresso Brasileiro de Zoologia, Porto Alegre, Brasil, p. 254, 1996.
- AZNAR, F. J.; PERDIGUERO, D.; PEREZ DEL OLMO, A.; REPULLES, A.; AGUSTI, C.; RAGA, J. A. Changes in epizoic crustacean infestations during cetacean die-offs: the mass mortality of Mediterranean striped dolphins *Stenella coeruleoalba* revisited. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 67, p. 239–247, 2005.
- AZNAR, F.J.; RAGA, J.A.; BALBUENA, J.A. Are epizoites biological indicators of a western Mediterranean striped dolphin die-off? **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 18, p. 159–163, 1994.
- BARTON, K.; BARTON, M. K. **Package ‘MuMIn’**, version, 1, 18, 2015.
- BEARZI, M.; PATONAI, K. Occurrence of the Barnacle (*Xenobalanus globicipitis*) on Coastal and Offshore Common Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in Santa Monica Bay and Adjacent Areas, California. **Bulletin Southern California Academy of Sciences**, v. 109, n. 2, p. 37-55, 2010.
- BISI, T. L. *et al.* Trophic relationships and habitat preferences of delphinids from the southeastern Brazilian coast determined by carbon and nitrogen stable isotope composition. **Plos One**, v. 8, n. 12, p. 1-8, 2013.
- BUCKLAND, S. T.; ANDERSON, D. R.; BURNHAM, K. P.; LAAKE, J. L.; BORCHERS, D. L.; THOMAS, L. **Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations**. Oxford University Press, Oxford, 2011.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Information and likelihood theory: a basis for model selection and inference. **Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach**, v. 2, p. 49-96, 2002.
- CARDOSO, J.; FRANCISCO, A. SOUZA, S. P.; SICILIANO, S. Rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) along southeastern Brazil: report of an anomalous pigmented juvenile and description of social and feeding behaviors. **Aquatic Mammals**, v. 45, n. 1, p. 30-36, 2019.

CARRILO, J. M.; OVERSTREET, R. M.; RAGA, J. A.; AZNAR, F. J. Living on the Edge: Settlement Patterns by the Symbiotic Barnacle *Xenobalanus globicipitis* on Small Cetaceans. **Plos one**, v. 10, n. 6, p. 1-15, 2015.

CARVALHO, V. L *et al.* Metazoan parasites of cetaceans off the northeastern coast of Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 173, p. 116-122, 2010.

CRUZ, T.; FERNANDES, J. N.; VAN SYOC, R. J.; NEWMAN, W. A. Ordens Lepadiformes, Scalpelliformes, Verruciformes e Balaniformes. **IDE@ - SEA**, n. 99B, p. 1-12, 2015.

DAILEY, M. D.; WALKER, W. A. Parasitism as a fator (?) in single strandings of southern California cetaceans, **The Journal of Parasitology**, v. 64, n. 4, p. 593-596, 1978.

DAURA-JORGE, F. G.; WEDEKIN, L. L.; SIMÕES-LÓPES, P. C. Variação sazonal na intensidade dos deslocamentos do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), na Baía Norte da Ilha de Santa Catarina. **Biotemas**, v. 17, n. 1, p. 203-216, 2004.

DI BENEDITTO, A.P.M.; RAMOS, R.M.A. Records of the barnacle *Xenobalanus globicipitis* (Steenstrup, 1851) on small cetaceans of Brazil. **Biotemas**, v. 13, p. 159-165, 2000.

DIAZ-AGUIRRE, F.; SALINAS, C.; NAVARRETE, S.; CASTILLO, V.; CASTILLA, C. First Record of the Commensal Barnacle (*Xenobalanus globicipitis*) on Common Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in Chile. **Aquatic Mammals**, v. 38, n. 1, p. 76-80, 2012.

EKAU, W.; KNOPPERS, B. A review and redefinition of the large marine ecosystems of Brazil. *In*: HEMPEL, G.; SHERMAN, K. (Eds.) **Large Marine Ecosystems of the World: Trends in Exploitation, Protection and Research**. Amsterdam: Elsevier Science, 2003, p. 355-372.

ENGEL, M.H. Encalhe de um cachalote, *Physeter macrocephalus*, provocado por um emalhamento em rede de pesca no litoral da Bahia, Brasil. *In*: **VI Reunião de Trabalho de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul**, Florianópolis, Brasil, p. 99, 1994.

FERTIL, D.; NEWMAN, W. A. Barnacles. *In*: WURSIG, B; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. (Eds). **Encyclopedia of Marine Mammals**. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2018, p. 75-78.

FORD, J. K. B. Killer whale. *In*: WURSIG, B; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. (Eds). **Encyclopedia of Marine Mammals**. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2018, p. 531-537.

FROLICHER, T. L.; FISCHER, E. M.; GRUBER, N. Marine heat waves under global warming. **Nature**, v. 560, p. 360-376, 2018.

FROLICHER, T. L.; LAUFKOTTER, C. Emerging risks from marine heat waves. **Nature Communications**, v. 9, n. 650, p. 1-4, 2018.

HARTIG, F. **DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models**. R package version 0.2.0, 2018.

JEFFERSON, T. A.; ODELL, D. K.; PRUNIER, K. T. Notes on the biology of the clymene dolphin (*Stenella clymene*) in the northern Gulf of Mexico. **Marine Mammal Science**, v. 11, n. 4, p. 564-573, 1995.

JOLY, C. A.; HADDAD, C. F. B.; VERDADE, L. M.; CABRAL DE OLIVEIRA, M.; BOLZANI, V. S.; BERLINCK, R. G. S. Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. **Revista USP**, São Paulo, n. 89, p. 114-133, 2011.

KANE, E.A.; OLSON, P.A.; GERRODETE, T.; FIEDLER, P.C. Prevalence of the commensal barnacle *Xenobalanus globicipitis* on cetacean species in the eastern tropical Pacific Ocean, and a review of global occurrence. **Fishery Bulletin**, v. 106, p. 395–404, 2008.

LEVIN, K.; TIRPAK, D. 2018: A year of climate extremes. In: **World Resources Institute**. Washington, 2018. Disponível em: <https://www.wri.org/blog/2018/12/2018-year-climate-extremes>. Acesso em: 18 nov. 2020.

LODI, L. Seleção e uso do habitat pelo boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Van Bénédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae), na Baía de Paraty, estado do Rio de Janeiro. **Bioikos**: Campinas, v. 17, n. 1/2, p. 5-20, 2003.

LODI, L. Update on the current occurrence of *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) in Rio de Janeiro State. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 11, n. 1-2, p. 220-226, 2016.

LUDECKE, D. **sjPlot: Data Visualization for Statistics in Social Science**. R package version 2.8.6, 2020. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=sjPlot>. Acesso em: 18 nov. 2020.

MATTHEWS, C. J. D.; GHAZAL, M.; LEFORT, K. J.; INUARAK, E. Epizotic barnacles on Arctic killer whales indicate residency in warm waters. **Marine Mammal Science**, v. 36, p. 1010-1014, 2020.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do Pacífico. **Revista Climanálise**, ano 3, n. 1, p. 1-5, 2005.

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.

MORENO-COLOM, P; TEN, S.; RAGA, J. A.; AZNAR, F. J. Spatial distribution and aggregation of *Xenobalanus globicipitis* on the flukes of striped dolphins, *Stenella coeruleoalba*: An indicator of host dynamics? **Marine Mammal Science**, p. 1-18, 2020.

NEWMAN, W. A.; ABBOTT, D. P. Cirripedia: The Barnacles. In: MORRIS, R. H.; ABBOTT, D. P.; HADERLIE, E. C. **Intertidal invertebrates of California**. Stanford: Stanford University Press, 1980, p. 504-535.

NOAA. **2018 was the 4th hottest year on record for the globe**, fev. 2019. Disponível em: <https://www.noaa.gov/news/2018-was-4th-hottest-year-on-record-for-globe>. Acesso em: 18 nov. 2020.

OLIVEIRA, J. B.; MORALES, J. A.; GONZÁLEZ-BARRIENTOS, R. C.; HERNÁNDEZ-GAMBOA, J.; HERNÁNDEZ-MORA, G. Parasites of cetaceans stranded on the Pacific coast of Costa Rica. **Veterinary Parasitology**, v. 182, p. 319-328, 2011.

ORAMS, M. B.; SCHUETZE, C. Seasonal and age/size-related occurrence of a barnacle (*Xenobalanus globicipitis*) on bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Marine Mammal Science**, v. 14, n. 1, p. 186-189, 1998.

PETROBRÁS. **Projeto Executivo - Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMS-BS)**, 2015. Disponível em: <https://www.comunicabaciadesantos.com.br/programa-ambiental/projeto-de-monitoramento-de-cetaceos-pmc.html>. Acesso em: 18 nov. 2020.

PETROVA, D. *et al.* The 2018-2019 weak El Niño: predicting the risk of a dengue outbreak in Machala, Ecuador. **International Journal of Climatology**, p. 1-26, 2020.

PITOMBO, F. B. YOUNG, P. S. Cirripedia, Thoracica. In: AMARAL, A. C. Z.; NALLIN, S. A. H. (org.). **Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do litoral norte de São Paulo sudeste do Brasil**. São Paulo: Biota, 2011, p. 182-188.

PUGLIESE, M. C.; BOTTGER, S. A.; FISH, F. E. Barnacle Bonding: Morphology of Attachment of *Xenobalanus globicipitis* to its Host *Tursiops truncatus*. **Journal of Morphology**, v. 273, p. 453-459, 2012.

QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2009. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. Disponível em: <https://qgis.org/>. Acesso em: 18 nov. 2020.

RAJAGURU, A.; SHANTHA, G. Association between the sessile barnacle *Xenobalanus globicipitis* (Coronulidae) and the bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Delphinidae) from the Bay of Bengal, India, with a summary of previous records from cetaceans. **Fishery Bulletin**, v. 90, p. 197-202, 1992.

RIBEIRO, F. B.; CARVALHO, V. L.; BEVILAQUA, C. M. L.; BEZERRA, L. E. A. First record of *Xenobalanus globicipitis* (Cirripedia: Coronulidae) on *Stenella coeruleoalba* (Cetacea: Delphinidae) in the oligotrophic waters of north-eastern Brazil. **Marine Biodiversity Records**, v. 3, p. 1-5, 2011.

ROSSI-SANTOS, M. R.; WEDEKIN, L. L.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Residence and site fidelity of *Sotalia guianensis* in the Caravelas River Estuary, eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v.87, p. 207-212, 2007.

SAMARAS, W. F. New host record for the barnacle *Cryptolepas rhachianecti* Dall, 1872 (Balanomorpha: Coronulidae). **Marine Mammal Science**, v. 5, n. 1, p. 84-87, 1989.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICERI, K. H. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature Methods**, v. 9, n. 7, p. 671-675, 2012.

SEILACHER, A. Whale barnacles: exaptational access to a forbidden paradise. **Paleobiology**, v. 31, p. 27–35, 2005.

SHANKS, A. L. *et al.* Marine heat waves, climate change, and failed spawning by coastal invertebrates. **Limnology and Oceanography**, v. 9999, p. 1-10, 2019.

SHERMAN, K.; ALEXANDER, L. M.; GOLD, B. D. **Large Marine Ecosystems: Patterns, Processes and Yields**. Washington: American Association for the Advancement of Science, 1990.

SICILIANO, S.; CAPISTRANO, L.; LODI, L. *Xenobalanus globicipitis* registrado em *Sotalia* sp. na bata de Guanabara — Rio de Janeiro — Brasil. In: **3 Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur**, Montevideo, Uruguay, p. 18, 1988.

SICILIANO, S.; CARDOSO, J.; FRANCISCO, A.; SOUZA, S. P. DE; HAUSER-DAVIS, R. A.; IWASA-ARAI, T. Epizotic barnacle (*Xenobalanus globicipitis*) infestations in several cetacean species in South-eastern Brazil. **Marine Biology Research**, p. 1-13, 2020.

TIMMERMANN, A. *et al.* El Niño – Southern Oscillation complexity. **Nature**, v. 559, p. 535-545, 2018.

TOTH-BROWN, J.; HOHN, A.A. Occurrence of the barnacle, *Xenobalanus globicipitis*, on coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in New Jersey. **Crustaceana**, v. 80, p. 1271–1279, 2007.

URIAN, K. W.; KAUFMANN, R.; WAPLES, D. M.; READ, A. J. The prevalence of ectoparasitic barnacles discriminates stocks of Atlantic common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) at risk of entanglement in coastal gill net fisheries. **Marine Mammal Science**, v. 00, n. 00, p. 1-10, 2018.

URIAN, K.; GORGONE, A.; READ, A.; BALMER, B.; WELLS, R. S.; BERGGREN, P.; DURBAN, J.; EGUCHI, T.; RAYMENT, W.; HAMMOND, P. S. Recommendations for photo-identification methods used in capture-recapture models with cetaceans. **Marine Mammal Science**, v. 31, n. 1, p. 298–321, 2015.

VALENTIN, J. L. The Cabo Frio Upwelling System Brazil. In: VALENTIN, J. L. **Coastal Marine Ecosystems of Latin America**. Springer, 2001, p. 97-105.

VAN WAEREBEEK, K.; REYES, J. C.; ALFARO, J. Helminth parasites and phoronts of dusky dolphins *Lagenorhynchus obscurus* (Gray, 1828) from Peru. **Aquatic Mammals**, v. 19, n. 3, p. 159-169, 1993.

VAN WAEREBEEK, K.; REYES, J. C.; READ, A. J.; MCKINNON, J. S. Preliminary observations of bottlenose dolphins from the Pacific coast of South America. **Academic Press**, p. 143-154, 1990.

WEDEKIN, L. L.; DAURA-JORGE, F. G.; ROSSI-SANTOS, M. R.; SIMÕES-LOPES, P. C. Notas sobre a distribuição, tamanho de grupo e comportamento do golfinho *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae) na Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 4, 2008.

WELLS, R. S.; SCOTT, M. D. Bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, common bottlenose dolphin. In: WURSIG, B; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. (Eds). **Encyclopedia of Marine Mammals**. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2018, p. 118-125.

WEST, K. L.; MEAD, J. G.; WHITE, W. *Steno bredanensis* (Cetacea: Delphinidae). **Mammalian Species**, v. 43, n. 886, p. 177-189.

WHITEHEAD, T. O. ROLLINSON, D. P.; REISINGER, R. R. Pseudostalked barnacles *Xenobalanus globicipitis* attached to killer whales *Orcinus orca* in South African waters. **Marine Biodiversity**, p. 1-4, 2014.

YOUNG, P. S. The superfamily Coronuloidea Leach (Cirripedia, Balanomorpha) from the Brazilian coast with redescription of *Stomatolepas* species. **Crustaceana**, v. 61, p. 190–212, 1991.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; ELPHICK, C. S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 1, n. 1, p. 3-14, 2010.

APÊNDICE A – Prevalência anual de *Xenobalanus globicipitis* por espécie de cetáceo na Bacia de Santos, Brasil.

Tabela 1 – Prevalência (*p*) anual por espécie de cetáceo.

Espécie	Ano	Nº fotos	Nº avistagens	Nº IDs	Nº IDs c/ X	<i>p</i>
<i>Balaenoptera brydei</i>	2018	61	5	2	0	-
	2019	265	9	7	1	14,28%
<i>Delphinus sp.</i>	2018	10	2	3	0	-
	2019	18	1	4	1	25%
<i>Feresa attenuata</i>	2018	72	1	8	0	-
	2019	421	4	29	1	3,44%
<i>Globicephala sp.</i>	2018	1452	5	50	1	2%
	2019	1902	4	65	0	-
<i>Grampus griseus</i>	2018	169	3	33	0	-
	2019	1289	3	36	3	8,33%
<i>Orcinus orca</i>	2018	294	4	10	1	10%
	2019	681	3	12	6	50%
<i>Pseudorca crassidens</i>	2018	-	-	-	-	-
	2019	96	1	9	4	44,44%
<i>Sotalia guianensis</i>	2018	53	2	13	1	7,69%
	2019	31	4	8	4	50%
<i>Stenella attenuata</i>	2018	80	5	16	1	6,25%
	2019	31	5	14	0	-
<i>Stenella frontalis</i>	2018	307	20	69	11	15,94%
	2019	588	20	142	8	5,63%
<i>Stenella longirostris</i>	2018	305	11	81	0	-
	2019	123	6	35	1	2,85%
<i>Steno bredanensis</i>	2018	435	9	35	12	34,28%
	2019	695	7	33	6	18,18%
<i>Tursiops truncatus</i>	2018	2159	13	140	29	20,71%
	2019	1383	18	153	28	18,30%
Total		12920	165	1007	119	11,82%

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

APÊNDICE B – Índice de intensidade de infestação de *Xenobalanus globicipitis* em indivíduos fotoidentificados de cetáceos na Bacia de Santos, Brasil.

Tabela 2 – Intensidade de infestação (*i*) por indivíduo por espécie de cetáceo.

Espécie	ID	Latitude	Longitude	<i>i</i> (%)
<i>Balaenoptera brydei</i>	23#	-23,36863	-44,62466	0,987645704
<i>Delphinus sp.</i>	26#	-23,02283	-42,01702	0,782102583
<i>Feresa attenuata</i>	12#	-26,55848	-45,87328	0,258216828
<i>Grampus griseus</i>	90#	-27,50235	-46,82188	0,536225286
	104#	-24,7812	-44,08796	0,110656649
	111#	-24,7812	-44,08796	0,268510516
<i>Globicephala sp.</i>	42#	-27,46425	-46,63172	0,044644464
<i>Orcinus orca</i>	19#	-25,59055	-45,12828	0,136721215
	20#	-23,73949	-45,09275	0,809530894
	21#	-23,73949	-45,09275	0,602158918
	22#	-23,73949	-45,09275	0,889903087
	23#	-23,73949	-45,09275	1,620608839
	25#	-23,73949	-45,09275	2,364112592
	27#	-23,76834	-41,87144	0,144071819
<i>Pseudorca crassidens</i>	4#	-26,29788	-46,71944	0,182650021
	8#	-26,29788	-46,71944	0,535836763
	9#	-26,29788	-46,71944	1,049518176
	10#	-26,29788	-46,71944	0,792647904
<i>Stenella attenuata</i>	29#	-24,39348	-43,0013	0,151003731
<i>Steno bredanensis</i>	23#	-23,6437	-45,21515	1,457308896
	28#	-22,96033	-42,41848	2,4493694
	34#	-23,18878	-44,08902	2,209919885
	38#	-23,98772	-45,28194	1,449615741
	40#	-23,98772	-45,28194	4,846003254
	41#	-22,96033	-42,41848	3,106501579
		-22,96828	-42,10199	
	42#	-22,96033	-42,41848	2,199504337
		-22,96828	-42,10199	
	43#	-22,96033	-42,41848	0,572506668
		-22,96828	-42,10199	
	45#	-22,96033	-42,41848	0,670818661
		-22,96828	-42,10199	
	46#	-22,96033	-42,41848	0,626142487
		-22,96828	-42,10199	
	47#	-22,96033	-42,41848	2,046357223
		-22,96828	-42,10199	
48#	-22,96033	-42,41848	3,929305596	
	-22,96828	-42,10199		
49#	-22,96033	-42,41848	0,773081126	

	60#	-23,22563	-44,2647	0,601454065
	61#	-23,22563	-44,2647	0,391667598
	65#	-23,22563	-44,2647	0,266291885
	72#	-23,76072	-45,1023	1,65855816
	73#	-23,76072	-45,1023	0,163624921
<i>Stenella frontalis</i>	35#	-23,56406	-45,03852	0,633051625
	38#	-23,56406	-45,03852	1,197471651
	143#	-23,56406	-45,03852	0,357023318
	144#	-23,27395	-44,4958	0,222670919
	148#	-24,39594	-46,56583	0,179526428
	150#	-23,56406	-45,03852	0,380645504
	151#	-23,56406	-45,03852	1,135297892
	152#	-23,56406	-45,03852	1,598795818
	153#	-23,56406	-45,03852	1,357395868
	159#	-24,82613	-47,32531	0,461794345
	163#	-23,56406	-45,03852	0,423244642
	186#	-25,83928	-45,29911	0,098901671
	191#	-25,34925	-47,99799	0,145709447
	225#	-23,75933	-45,21821	0,140034943
	316#	-23,19481	-42,82536	0,710545421
	317#	-23,19481	-42,82536	0,492965651
	318#	-23,19481	-42,82536	0,313181482
	305#	-23,30747	-42,83161	0,513925447
	320#	-23,13832	-41,93438	0,258837795
<i>Sotalia guianensis</i>	51#	-23,52528	-44,99767	2,852398164
	64#	-23,5967	-45,06357	3,511705686
	68#	-23,5967	-45,06357	2,507522568
	69#	-23,5967	-45,06357	0,574195001
	70#	-23,5967	-45,06357	2,461644149
<i>Stenella longirostris</i>	160#	-23,87938	-42,30355	0,219472287
<i>Tursiops truncatus</i>	27#	-23,21417	-44,22175	1,042646447
	214#	-23,05277	-42,33173	0,065915679
	224#	-23,05277	-42,33173	0,549247669
	225#	-23,05277	-42,33173	0,162524728
	247#	-23,03166	-43,12699	0,083665586
	261#	-23,05184	-43,29132	0,138395298
	264#	-23,05184	-43,29132	0,271061951
	268#	-23,05184	-43,29132	0,438784247
	269#	-23,05184	-43,29132	0,489995917
	270#	-23,05184	-43,29132	1,114422431
	271#	-23,05184	-43,29132	0,513403905
	278#	-23,05184	-43,29132	0,149230351
	281#	-23,05184	-43,29132	1,117926962
	284#	-23,05184	-43,29132	0,324189245
	287#	-23,05184	-43,29132	0,328802351
	289#	-23,05184	-43,29132	0,396553039

291#	-23,05184	-43,29132	0,855862947
295#	-23,05184	-43,29132	0,125504452
296#	-23,05184	-43,29132	0,278488813
297#	-23,05184	-43,29132	1,248157248
305#	-26,93086	-48,6022	0,325710296
313#	-26,93086	-48,6022	0,805914359
337#	-25,16307	-47,67425	1,01088117
339#	-25,16307	-47,67425	1,399077365
341#	-25,16307	-47,67425	4,50116902
342#	-25,16307	-47,67425	1,201289643
344#	-25,16307	-47,67425	0,6131858
346#	-25,16307	-47,67425	2,689227647
348#	-25,16307	-47,67425	0,589704085
350#	-25,16307	-47,67425	1,327105575
355#	-22,85314	-41,81331	0,371528298
356#	-22,85314	-41,81331	0,111677834
358#	-22,85314	-41,81331	0,315611402
359#	-22,85314	-41,81331	0,059632618
362#	-23,13273	-43,5376	1,647789301
377#	-23,13273	-43,5376	0,168684137
380#	-23,13273	-43,5376	0,756721188
389#	-23,13273	-43,5376	1,593862146
390#	-23,13273	-43,5376	1,088539045
397#	-24,04699	-45,55168	0,43749118
399#	-24,04699	-45,55168	1,215805471
402#	-24,04699	-45,55168	0,243109541
405#	-24,04699	-45,55168	0,124754061
409#	-24,04699	-45,55168	0,567649989
410#	-24,04699	-45,55168	0,373610635
412#	-24,04699	-45,55168	0,268972051
414#	-24,04699	-45,55168	0,090474084
418#	-24,04699	-45,55168	1,28323051
455#	-22,85314	-41,81331	0,461128791
463#	-26,29788	-46,71944	0,130424907
475#	-27,20584	-46,59068	0,563416004
480#	-27,20584	-46,59068	0,762941716
491#	-24,04643	-44,33303	1,122254059
493#	-23,70348	-41,67067	0,754071248
494#	-23,70348	-41,67067	0,192934367
497#	-23,10513	-43,01855	1,478473427
498#	-23,10513	-43,01855	0,069030664

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).