



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E ZOOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Gabriel Teixeira

**Distribuição e uso de habitat da população residente de *Sotalia guianensis*  
(Artiodactyla: Delphinidae) na Baía Babitonga, sul do Brasil**

Florianópolis  
2024

Gabriel Teixeira

**Distribuição e uso de habitat da população residente de *Sotalia guianensis*  
(Artiodactyla: Delphinidae) na Baía Babitonga, sul do Brasil**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador(a): Prof.(a) Marta Jussara Cremer,  
Dr.(a)

Coorientador(a): Prof.(a) Renan Lopes Paitach,  
Dr.(a)

Florianópolis

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.  
Dados inseridos pelo próprio autor.

Teixeira, Gabriel

Distribuição e uso de habitat da população residente de *Sotalia guianensis* (Artiodactyla: Delphinidae) na Baía Babitonga, sul do Brasil / Gabriel Teixeira ; orientador, Marta Jussara Cremer, coorientador, Renan Lopes Paitach, 2024.

53 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós Graduação em Ecologia, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Ecologia. 2. Distribuição. 3. Uso de habitat. I. Jussara Cremer, Marta. II. Lopes Paitach, Renan. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Ecologia. IV. Título.

Gabriel Teixeira

**Distribuição e uso de habitat de uma população residente de *Sotalia guianensis*  
(Artiodactyla: Delphinidae) na Baía Babitonga, sul do Brasil**

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 27 de novembro de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Paulo César de A. Simões-Lopes, Dr.(a)  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Leonardo Wedekin, Dr.(a)  
Socioambiental Consultores Associados

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestrado em Ecologia.

Insira neste espaço a  
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a  
assinatura digital

Prof.(a) Marta Jussara Cremer, Dr.(a)  
Orientador(a)

Florianópolis, 2024.



## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi feito à muitas mãos, contando com a ajuda de várias pessoas e instituições, que indireta ou diretamente foram cruciais do início ao fim desta dissertação. Elencar todos aqui seria uma tarefa fadada ao fracasso – aos que conhecem minha memória sabem bem disso - mesmo assim, gostaria de mencionar alguns destes.

Primeiro, ao Laboratório de Ecologia e Conservação de Tetrápodes Marinhos e Costeiros da UNIVILLE, e principalmente ao Projeto Toninhas do Brasil, sou grato por fazer parte deste grupo tão diverso, muito maluco e, principalmente, comprometido a fazer sempre o máximo possível.

A minha orientadora, Dra. Marta J. Cremer, e coorientador, Dr. Renan L. Paitach, por todos os aconselhamentos, oportunidades, confiança e paciência com os ritmos desta pessoinha - são mais ou menos sete anos de orientação e espero ser apenas os primeiros de muitos ainda - com vocês tenho uma dívida incalculável, contem comigo sempre.

*- Prof Marta, saiba que tenho você como uma das minhas principais referências. Proposito, dedicação e humildade fazem você um farol, não só para mim, tenho certeza.*

*- Dr. Renan (Re para os chegados), certamente a pessoa que eu mais incomodo neste mundo, saiba que eu te admiro muito. Sempre com um olhar prático e sagais, és um guru na minha vida meu amigo.*

A todos os envolvidos nesse audacioso monitoramento feito na Babitonga. Ao Dr. Renan L. Paitach, Dra. Marta J. Cremer, Dr. Mats Amundin, Dr. Guilherme Bortolotto, seria impossível fazer algo semelhante sem a articulação e o esforço de vocês, obrigado.

Também gostaria de aproveitar para agradecer a imensa ajuda do Dr. Bortolotto com a parte de modelagem de uso de habitat. Seria impossível para mim em dois anos chegar perto do que foi alcançado com sua ajuda.

E por fim, e mais importante a minha família, Angelita, Sergio e Thiago. Tudo é por vocês.

*- A nossa família.*



## RESUMO GERAL

Os ecossistemas marinhos costeiros no geral são ambientes bastante diversos no que tange a oferta de habitats. Muito adaptado a estes ambientes, o boto-cinza, *Sotalia guianensis*, é certamente um dos pequenos cetáceos mais investigados por estudos no Brasil. Apesar disso, ainda são escassas as informações dos padrões de uso de habitat e distribuição em escala fina para a maioria das populações, principalmente para períodos noturnos. Essas informações são cruciais para o ordenamento territorial visando a conservação destes organismos. Nesta perspectiva, o presente trabalho avaliou as influências ambientais, em diferentes escalas temporais, sobre os padrões de uso e distribuição de *S. guianensis* na Baía Babitonga, litoral norte de Santa Catarina. Para isso, um monitoramento acústico passivo contínuo de um gride de 60 pontos, homogêaneamente dispersos, amostrados em um rodízio com até 20 pontos simultâneos, foi feito durante 182 dias. Como resultado, observou-se que a espécie utiliza de maneira muito dinâmica a baía, variando as áreas de maior uso durante o inverno mais do que na primavera, principalmente durante o início da noite. Apesar disso, as regiões mais internas da baía, em especial aquelas próximas às ilhas e à margem sul (região de Laranjeiras), foram identificadas como habitats críticos para a conservação de *S. guianensis*. A profundidade máxima local e distância da margem se mostraram importantes para a determinação das áreas de maior uso, assim como a presença de uma espécie potencialmente competidora, *Pontoporia blainvillei*, que também possui uma população residente na Babitonga. A variação diurna e noturna também demonstrou influenciar os padrões de agregação de *S. guianensis*, possivelmente com maiores agregações próximos aos períodos crepusculares. Os resultados deste trabalho demonstram como o uso de habitat desta espécie pode ser bastante dinâmico, em especial ao observarmos os períodos noturnos, mas principalmente reforçam o entendimento de que as áreas internas da Baía Babitonga devem ser observadas com maior atenção dentro de políticas de gestão territorial.

**Palavras-chave:** pequenos cetáceos; ecologia populacional; conservação; habitats críticos; espécies ameaçadas, monitoramento acústico passivo.



## GENERAL ABSTRACT

Coastal marine ecosystems are generally diverse in terms of habitat availability. Highly adapted to these environments, the Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) is one of the small cetaceans most extensively studied in Brazil. However, detailed information on habitat use patterns and fine-scale distribution, particularly during nocturnal periods, remains scarce. Such information is crucial for effective land use planning aimed at conserving these organisms. In this context, the present study examined the environmental influences on the use and distribution patterns of *S. guianensis* in Babitonga Bay, located on the northern coast of Santa Catarina, across different time scales. Continuous passive acoustic monitoring was conducted using a grid of 60 evenly distributed points, sampled in rotation with up to 20 simultaneous points, over a period of 182 days. The study found that the species uses the bay in a dynamic manner, with areas of greatest use varying more during winter than in spring, particularly during the early evening. Despite this variability, the innermost regions of the bay, especially those near the islands and the southern shore (Laranjeiras region), were identified as critical habitats for *S. guianensis*. Key factors influencing habitat use included local depth, distance from the shore, and the presence of a potentially competing species, *Pontoporia blainvillei*, which also has a resident population in Babitonga Bay. Diurnal and nocturnal variations also affected the aggregation patterns of *S. guianensis*, with greater aggregations occurring near twilight periods. These findings highlight the dynamic nature of habitat use by *S. guianensis*, especially during nocturnal periods, and underscore the importance of paying particular attention to the inner areas of Babitonga Bay in territorial management policies.

**Keywords:** small cetaceans; population ecology; conservation; critical habitats; endangered species, passive acoustic monitoring.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>8</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO ÚNICO – DISTRIBUIÇÃO E USO DE HABITAT DE UMA POPULAÇÃO RESIDENTE DE <i>SOTALIA GUIANENSIS</i> (ARTIODACTYLA: DELPHINIDAE) NA BAÍA BABITONGA, SUL DO BRASIL</b> .....	<b>16</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>16</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
ÁREA DE ESTUDO .....	18
COLETA DE DADOS .....	19
ANÁLISE DO USO DE HÁBITAT .....	22
ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO .....	23
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>24</b>
USO DE HABITAT.....	24
DISTRIBUIÇÃO .....	26
<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>29</b>
PADRÕES DIÁRIOS E SAZONAIS DE DISTRIBUIÇÃO E USO DO HABITAT ....	29
FATORES DO HABITAT RELACIONADOS COM A PRESENÇA DA ESPÉCIE NA BAÍA BABITONGA.....	31
SIMPATRIA COM TONINHAS .....	33
HABITATS CRÍTICOS PARA CONSERVAÇÃO .....	35
MONITORAMENTO ACÚSTICO PASSIVO DO BOTO-CINZA.....	36
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>37</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

Informações sobre distribuição e o uso de habitat exercido por qualquer espécie são de fato os mais básicos subsídios para medidas de gestão e conservação efetivas em qualquer território (Lodi, 2003; Torres *et al.*, 2008; Cañadas *et al.*, 2005; Sahri *et al.*, 2021). Entretanto, a dificuldade no levantamento de dados se mostra um obstáculo (Torres *et al.*, 2008), mesmo com o advento de novas tecnologias. Isto ocorre devido a inúmeros fatores, como a facilidade em que são detectados ('disponibilidade'; Marsh & Sinclair, 1989), fatores logísticos (como o alto grau de investimentos necessários e profissionais especializados), e é claro, os diferentes hábitos dos organismos a serem estudados, criando a necessidade de adequação dos métodos de monitoramento par cada caso e local em particular.

Destes métodos, o monitoramento acústico passivo (MAP) vem ganhando cada vez mais destaque, e isto muito ligado ao fato de que os cetáceos, de maneira geral, utilizam o som para praticamente todas as suas atividades básicas (Zimmer, 2011), sendo muitas das vezes mais fácil detectar estes acusticamente do que visualmente na superfície (Gordon & Tyack, 2001; Stanistreet *et al.*, 2017). Por muitas das vezes não necessitar de um operador, estes podem monitorar de maneira interrupta uma vasta área, a exemplo do monitoramento feito pelo projeto SAMBAH no mar Báltico (Peter G.H. Evans & Tiu., 2019), dispensando a necessidade de luz do dia por exemplo. Apesar destas vantagens, é certo dizer que de maneira geral o uso de métodos visuais e acústicos integrados é certamente a melhor opção (Dalpaz, L, et al. 2021).

Os padrões de uso de habitat e distribuição de mamíferos marinhos são bastante variados. De espécies cosmopolitas a endêmicas, pode-se observar os diferentes hábitos em nível de grupo, espécie, população ou até mesmo indivíduos. Isto fica evidente ao compararmos as jubartes, que migram entre ambientes distintos a procura de melhores condições de reprodução (Dawbin, 1966), e as espécies endêmicas como as belugas no ártico, adaptadas a dinâmica de avanço e retrocesso do gelo (Reeves *et al.*, 2014; Goetz *et al.*, 2007). É claro que neste comparativo tais espécies são demasiadamente distintas, mas mesmo numa única espécie se pode esperar variabilidade comportamental. Um exemplo disto é o caso da população de boto-da-tainha em Laguna (Santa Catarina - Brasil), onde Simões-Lopes & Fabian (1998) e Daura-Jorge *et al.* (2012) demonstraram que a atividade cooperativa dos botos com os pescadores não é uma atividade praticada por todos os indivíduos da

população. Complementar a este também temos o exemplo das orcas do Leste do Pacífico Norte, onde duas populações distintas se utilizam do mesmo ambiente em uma relação simpátrica sustentada pela divisão de nicho (Bigg, 1982; Baird & Dill, 1995; Saulitis *et al.*, 2000).

O compartilhamento de habitat por duas ou mais espécies, denominado simpatria, é marcado por estratégias espaciais, temporais, e partição de nicho trófico (Bearzi, 2003; Das *et al.*, 2000; Bearzi *et al.*, 2005), que comumente nos casos em que as espécies não formam grupos mistos, tem a segregação espacial como a mais recorrente estratégia (Bearzi, 2005). Apesar disto, não necessariamente se espera a eliminação por completo da competição entre eles, apenas a atenuam para um quadro de estabilidade momentânea, assim evitando a exclusão competitiva (Gause, 1934). Esta competição pode ser direta ou indireta entre as espécies, normalmente de forma assimétrica (Boys, 2015), mas principalmente é esperado que estas afetem-se mutuamente (Borrell *et al.*, 2021). Sobretudo em casos de alta sobreposição de nicho, a simpatria se mostra bastante relevante na determinação do uso e distribuição de espécies relacionadas (Parra, 2006, Kiszka *et al.*, 2011). Com tudo, é válido ressaltar que tratando-se de cetáceos, o fator distribuição das presas é com certeza o mais relevante na determinação de uso de habitat e distribuição (Cotté *et al.*, 2009; Azzellino *et al.*, 2008). Isto está ancorado no fato de que atividade de forrageio, ou busca de energia, é a atividade prioritária para todo organismo heterotrófico, e que estes procuram sempre maximizar seus gastos na busca e captura de presas, sendo a sobreposição de distribuição predador presa a resultante deste cálculo (MacArthur & Pianka, 1966).

O boto-cinza (*Sotalia guianensis* Van Beneden, 1864) é um pequeno cetáceo encontrado ao longo da costa atlântica sul, entre Santa Catarina, no Brasil (Simões-Lopes 1988), até a Nicarágua (Edwards & Schnell, 2001). A espécie é frequentemente associada a baías e estuários, sendo considerada de hábito costeiro (Flores *et al.*, 2010, 2018; Monteiro-Filho *et al.*, 2002). Apesar de sua ampla distribuição, observam-se populações residentes em baías e estuários ao longo desta distribuição (Flores, 1999; Simão *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2001; Hardt, 2005). Como esperado, fatores temporais são observados como relevantes na determinação dos padrões de distribuição e uso de habitat do boto-cinza, seja em uma escala sazonal e ou nictemeral, afetando muitas vezes o tamanho da área de uso de uma população (Ribeiro-Campos *et al.*, 2021), ou até mesmo influenciando uma troca quase completa

da área de maior uso em uma região (Espinoza-Rodríguez *et al.*, 2019). Características ambientais como a topografia do fundo do mar, ciclos de marés (Araújo *et al.* 2003, Santos *et al.*, 2010; de Boer *et al.*, 2014), proximidade da costa (Wedekin *et al.*, 2010), e profundidade da água (Godoy *et al.*, 2015) já são apontadas por estudos como importantes preditores dos padrões de distribuição e uso de habitat para a espécie. Contudo, é apropriado compreender que todas estas influências ambientais, ou mesmo temporais, apontadas são claramente indiretas (Torres *et al.*, 2008), tendo estas maior efeito na verdade sobre a distribuição das suas principais presas. Apesar disso, incorporar estes descritores ambientais certamente é hoje o melhor jeito de investigar como os botos-cinza reagem as dinâmicas particulares dos ambientes em que se fazem presentes, sendo , crucial considerar o maior número destas características ambientais em estudos que visem precisar seus resultados sobre o uso e distribuição desta espécie (Wedekin, 2007).

Com os objetivos de avaliar as influências ambientais, presença de espécie simpátrica e os efeitos temporais sobre o *S. guianensis* na Babitonga, assim como determinar seus padrões de distribuição em diferentes períodos do dia e ano, o presente trabalho se apresenta.

## **OBJETIVOS**

O objetivo principal foi investigar como as características ambientais, temporais e bióticas influenciam o uso de habitat e os padrões de distribuição de *S. guianensis*.

Os objetivos específicos foram:

- (1) Analisar quais características ambientais, considerando fatores físico-químicos, temporais e bióticas influenciam a seleção de habitat de *S. guianensis* dentro da Baía Babitonga;
- (2) Investigar os padrões de distribuição diária e sazonal do *S. guianensis*, na primavera e inverno, identificando áreas prioritárias para conservação desta população na Baía Babitonga;

## REFERÊNCIAS

- Araújo, J. P. De, Passavante, J. Z. O., Souto, A. da S. 2003. Behavior of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis* at Dolphin Bay, Rio Grande do Norte, Brazil. *Tropical Oceanography* 31: 101–112.
- Azzellino, A., Gaspari, S., Airoidi, S., & Nani, B. 2008. Habitat use and preferences of cetaceans along the continental slope and the adjacent pelagic waters in the western Ligurian Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 55(3), 296-323.
- Baird R. W., Dill L. M. 1995. Occurrence and behaviour of transient killer whales: seasonal and pod-specific variability, foraging behaviour and prey handling. *Canadian Journal of Zoology* 73:1300-1311.
- Ballance, L. T. 2018. Cetacean Ecology. *Encyclopedia of Marine Mammals*, 172–180. doi:10.1016/b978-0-12-804327-1.00087-x
- Baum J. K., Worm B. 2009. Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundance. *J Anim Ecol* 78: 699–714
- Bearzi M. 2003. Behavioral ecology of the marine mammals of Santa Monica Bay, California. PhD dissertation, University of California, Los Angeles.
- Bearzi, M. 2005. Dolphin sympatric ecology. *Marine Biology Research*, 1(3), 165-175.
- Bigg M. A. 1982. An assessment of killer whales (*Orcinus orca*) stocks off Vancouver Island, British Columbia. *Reports of the International Whaling Commission* 32:655-666.
- Borrell, A., Gazo, M., Aguilar, A., Raga, J. A., Degollada, E., Gozalbes, P., & García-Vernet, R. 2021. Niche partitioning amongst northwestern Mediterranean cetaceans using stable isotopes. *Progress in Oceanography*, 193, 102559.
- Boys, R. 2015. Fatal interactions between bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in Welsh waters (Doctoral dissertation, Dissertation, Bangor University, Bangor).
- Callicott J. B. 1999. *Beyond the land ethic: more essays in environmental philosophy*. State University of New York Press, Albany, New York, USA. 427 pp.
- Cañadas, A., Sagarminaga, R., De Stephanis, R., Urquiola, E., & Hammond, P. S. 2005. Habitat preference modelling as a conservation tool: proposals for marine protected areas for cetaceans in southern Spanish waters. *Aquatic conservation: marine and Freshwater Ecosystems*, 15(5), 495-521.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R. et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Cotté, C., Guinet, C., Taupier-Letage, I., Mate, B., & Petiau, E. 2009. Scale-dependent habitat use by a large free-ranging predator, the Mediterranean fin whale. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 56(5), 801-811.

- Dalpaz, L., Paro, A. D., Daura-Jorge, F. G., Rossi-Santos, M., Norris, T. F., Ingram, S. N., & Wedekin, L. L. 2021. Better together: analysis of integrated acoustic and visual methods when surveying a cetacean community. *Marine Ecology Progress Series*, 678, 197-209.
- Das K, Lepoint G, Loizeau V, Debacker V, Dauby P, Bouquegneau JM. 2000. Tuna and dolphin associations in the northeast Atlantic: evidence of different ecological niches from stable isotope and heavy metal measurements. *Marine Pollution Bulletin* 40(2):102/9.
- Daura-Jorge, F. G., Cantor, M., Ingram, S. N., Lusseau, D., & Simões-Lopes, P. C. 2012. The structure of a bottlenose dolphin society is coupled to a unique foraging cooperation with artisanal fishermen. *Biology Letters*, 8(5), 702-705.
- Davidson, A. D., Boyer, A. G., Kim, H., Pompa-Mansilla, S., Hamilton, M. J., Costa, D. P., Ceballos, G. & Brown, J. H. 2012. Drivers and hotspots of extinction risk in marine mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(9), 3395-3400.
- Dawbin, W. H. 1966. The seasonal migratory cycle of humpback whales. *Whales, dolphins and porpoises*, 145-170.
- De Boer, M. N., Simmonds, M. P., Reijnders, P. J. H., Aarts, G. 2014. The influence of topographic and dynamic cyclic variables on the distribution of small cetaceans in a shallow coastal system. *PLoS ONE* 9: e86331
- Dolman, S. J., Evans, P. G. H., Ritter, F., Simmonds, M. P., & Swabe, J. 2021. Implications of new technical measures regulation for cetacean bycatch in European waters. *Marine Policy*, 124, 104320.
- Edwards, H. H., Schnell, G.D. 2001. Status and ecology of *Sotalia fluviatilis* in the Cayos Miskito Reserve, Nicaragua. *Marine Mammal Science* 17: 445–472.
- Espinoza-Rodríguez, N., De Turrís-Morales, K., Shimada, T., & Barrios-Garrido, H. 2019. Guiana Dolphin (*Sotalia guianensis*) in the southern Gulf of Venezuela: Seasonal distribution, group size, and habitat use. *Regional Studies in Marine Science*, 32, 100874.
- Godoy, D. F., Andriolo, A., de Fatima Filla, G. 2015. The influence of environmental variables on estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) spatial distribution and habitat used in the Estuarine Lagunar Complex of Cananéia, southeastern Brazil. *Ocean & Coastal Management* 106: 68–76.
- Flores, P. A. C., Bazzalo, M., Caballero, S., Santos, M. C. O., Rossi-Santos, M. R., Trujillo, F., Bolaños-Jimenez, J., Cremer, M. J., May-Collado, L. J., Silva, F. J. L., Montiel-Villalobos, M. G., Azevedo, Alexandre Freitas De Freitas, Meirelles, A. C. O., Flach, L., Barrios-Garrido, H., Simões-Lopes, P. C., Cunha, H. A., Van Waerebeek, K. 2010. Proposed English common name for the neotropical delphinid *Sotalia guianensis* (P.-J. Van Beneden, 1864). *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 8: 179–181.
- Flores, P. A. C., da Silva, V. M. F., Fettuccia, D. de C. 2018. Tucuxi and Guiana dolphins. pp. 1024–1027. In Würsig B.G., Thewissen J.G.M., Kovacs, K.M. (eds.), *Encyclopedia of Marine Mammals*. Elsevier

- Flores, P. A. 1999. Preliminary results of a photoidentification study of the marine tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) in southern Brazil. *Marine Mammal Science*, 15, 840–847.
- Gause, G.F. 1934. *The Struggle for Existence*. Williams and Wilkins, Baltimore, Maryland, USA
- Gregoriotti, M., Atzori, F., Carosso, L., Frau, F., Pellegrino, G., Sarà, G., & Arcangeli, A. 2021. Cetacean presence and distribution in the central Mediterranean Sea and potential risks deriving from plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 112943.
- Gordon, J., & Tyack, P. L. 2001. Acoustic techniques for studying cetaceans. *Marine Mammals: Biology and Conservation*, 293-324.
- Goetz, K. T., Rugh, D. J., Read, A. J., & Hobbs, R. C. 2007. Habitat use in a marine ecosystem: beluga whales *Delphinapterus leucas* in Cook Inlet, Alaska. *Marine Ecology Progress Series*, 330, 247-256.
- Hardt, F. A. S. 2005, Padrões de residência do golfinho *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) na Baía da Babitonga, litoral norte de Santa Catarina, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Hoyt, E., & Hvenegaard, G. T. 2002. A review of whale-watching and whaling with applications for the Caribbean. *Coastal Management*, 30(4), 381-399.
- Hoyt, E. 2001. Whale watching 2000: worldwide tourism numbers, expenditures and expanding socioeconomic benefits. Yarmouth Port: International Fund for Animal Welfare.
- Karczmarski, L., Huang, S. L., Wong, W. H., Chang, W. L., Chan, S. C., & Keith, M. 2017. Distribution of a coastal delphinid under the impact of long-term habitat loss: Indo-Pacific humpback dolphins off Taiwan's west coast. *Estuaries and Coasts*, 40(2), 594-603.
- Kiszka, J., Simon-Bouhet, B., Martinez, L., Pusineri, C., Richard, P., & Ridoux, V. 2011. Ecological niche segregation within a sympatric dolphin community around a tropical island. *Marine Ecology Progress Series*, 433, 273-288.
- Lodi, L. 2003. 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-Título não-corrente*, 17(1/2).
- MacArthur, R. H., & Pianka, E. R. 1966. On optimal use of a patchy environment. *The American Naturalist*, 100(916), 603-609.
- Marsh H, Sinclair D. F. 1989. Correcting for visibility bias in strip transect aerial surveys of aquatic fauna. *J Wildl Manage*. 53: 1017–1024.
- MEA. 2005. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: Current state & trends assessment. Washington, EUA: Island Press.



- Monteiro-Filho, E. L. A., Monteiro, L. R. & Reis, S. F. 2002. Skull shape and size divergence in dolphins of the genus *Sotalia*: a tridimensional morphometric analysis. *J. Mamm.*, vol. 83, no. 1, p. 125-134.
- Negri, M. F., Denuncio, P., Panebianco, M. V., & Cappozzo, H. L. 2012. Bycatch of franciscana dolphins *Pontoporia blainvillei* and the dynamic of artisanal fisheries in the species' southernmost area of distribution. *Brazilian Journal of oceanography*, 60, 149-158.
- Paitach, R. L., Bortolotto, G. A., Amundin, M., & Cremer, M. J. 2023. Critically endangered franciscana dolphins in an estuarine area: fine-scale habitat use and distribution from acoustic monitoring in Babitonga Bay, southern Brazil. *Marine Ecology Progress Series*, 707, 131-150.
- Parra, G. J. 2006. Resource partitioning in sympatric delphinids: space use and habitat preferences of Australian snubfin and Indo-Pacific humpback dolphins. *Journal of Animal Ecology*, 862-874.
- Peter G.H. Evans & Tiu Similä. 2019. Progress report on The Jastarnia Plan: The Recovery Plan For The Harbour Porpoise In The Baltic Proper. Sea Watch Foundation, UK.
- Reeves, R. R., Ewins, P. J., Agbayani, S., Heide-Jørgensen, M. P., Kovacs, K. M., Lydersen, C, Robert S, Wendy E, Gert P, Dijk Y & Blijleven, R. 2014. Distribution of endemic cetaceans in relation to hydrocarbon development and commercial shipping in a warming Arctic. *Marine Policy*, 44, 375-389.
- Reijnders, P. J. H., Donovan, G. P., Aguilar, A., & Bjorge, A. 1999. Report of the workshop on chemical pollution and cetaceans. *J. Cetacean Res. Manage.*, 01-30.
- Ritchie E. G., Johnson C. N. 2009. Predator interactions, mesopredator release and biodiversity conservation. *Ecol Lett* 12: 982–998
- Ribeiro-Campos, A., Pereira, K. S., Quintana, C. E. P., Barbosa, M., Dias, C. P., Brião, J. A., C Vinícius C. dos Santos, C. Castro, Harison S. P., R. R. Carvalho, Elitieri Santos-Neto, Lis Bittencourt, Tatiana L. Bisi, José Lailson-Brito & Azevedo, A. F. 2021. Habitat use by the Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*)(Cetartiodactyla: Delphinidae) in southeastern Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 44, 101778.
- Sahri, A., Putra, M. I. H., Mustika, P. L. K., Krebs, D., & Murk, A. J. 2021. Cetacean habitat modelling to inform conservation management, marine spatial planning, and as a basis for anthropogenic threat mitigation in Indonesia. *Ocean & Coastal Management*, 205, 105555.
- Santos, M.C.O., Acuña, L.B. & Rosso, S. 2001. Insights on site fidelity and calving intervals of the marine tucuxi dolphin (*Sotalia fluviatilis*) in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81, 1049–1052.
- Santos, U.A. dos, Alvarez, M.R., Schilling, A.C., Strenzel, G.M.R., Le Pendu, Y. 2010. Spatial distribution and activities of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae) in Pontal Bay, Ilhéus, Bahia, Brazil. *Biota Neotropica* 10: 67–73

- Saulitis E, Matkin C, Barrett-Lennard L, Heise K, Ellis G. 2000. Foraging strategies of sympatric killer whale (*Orcinus orca*) populations in Prince William Sound, Alaska. *Marine Mammal Science* 16(1):94/109.
- Simão, S. M., Pizzorno, J. L. A., Perry, V. N. & Siciliano, S. 2012. Aplicação da técnica de fotoidentificação do boto-cinza, *Sotalia fluviatilis*, (Cetacea, Delphinidae) da Baía de Sepetiba. *Floresta e Ambiente*, 7, 31–39.
- Simmonds, M. P., Dolman, S. J., Jasny, M., Parsons, E. C. M., Weilgart, L., Wright, A. J., & Leaper, R. 2014. Marine noise pollution-increasing recognition but need for more practical action.
- Simões-Lopes, P.C. 1988. Ocorrência de uma população de *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) (Cetacea, Delphinidae) no limite sul de sua distribuição, Santa Catarina, Brasil. *Biotemas* 1: 57–62.
- Stanistreet, J. E., Nowacek, D. P., Baumann-Pickering, S., Bell, J. T., Cholewiak, D. M., Hildebrand, J. A., Lynne E. W. Hodge, Hilary B. Moors-Murphy, Sofie M. Van Parijs, & Read, A. J. 2017. Using passive acoustic monitoring to document the distribution of beaked whale species in the western North Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 74(12), 2098-2109.
- Sukhdev, P. (Ed.). 2008. *The economics of ecosystem and biodiversity: an interim report*. Cambridge: Banson.
- Torres, L. G., Read, A. J., & Halpin, P. 2008. Fine-scale habitat modeling of a top marine predator: Do prey data improve predictive capacity. *Ecological Applications*, 18(7), 1702-1717.
- Wedekin, L. L., Daura-Jorge, F. G., Simoes-Lopes, P. C. 2010. Habitat preferences of Guiana dolphins, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in Norte Bay, southern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 90: 1561–1570.
- Wedekin, L. L. 2007. Preferência de habitat pelo boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) em diferentes escalas espaciais na costa sul do Brasil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- Zimmer, W. M. 2011. *Passive acoustic monitoring of cetaceans*. Cambridge University Press.

## CAPÍTULO ÚNICO – DISTRIBUIÇÃO E USO DE HABITAT DA POPULAÇÃO RESIDENTE DE *SOTALIA GUIANENSIS* (ARTIODACTYLA: DELPHINIDAE) NA BAÍA BABITONGA, SUL DO BRASIL

### RESUMO

o *Sotalia guianensis* é uma espécie tipicamente costeira, encontrada com frequência em baías e estuários. Devido a esta proximidade com as áreas de uso humano, hoje a espécie se encontra vulnerável à extinção. No geral, esta apresenta uma variedade de padrões de distribuição e uso de habitat ao longo dos ecossistemas em que ocorre, evidenciando a necessidade da construção de conhecimento local específico como fomento para uma gestão territorial adequada e aliada à conservação. Nesta perspectiva, o presente trabalho monitorou um total de 60 pontos utilizando detectores automáticos (C-PODs) fundeados na baía. A operação ocorreu de junho até dezembro de 2018. Para a análises do uso de habitat, modelos aditivos generalizados foram construídos. Para a exploração dos padrões de distribuição, um método de interpolação foi empregado. O modelo final indicou que a profundidade máxima, presença da *Pontoporia blainvillei*, hora do dia e distância da margem, foram determinantes no uso de habitat da espécie. Os mapas indicam uma distribuição heterogênea dentro da Baía, sendo as áreas próximas a região da Laranjeiras as de maior importância para a espécie. Apesar de ser alvo de inúmeros outros estudos, o presente trabalho é o primeiro a investigar os padrões de distribuição e uso de habitat nos períodos noturnos, mostrando que este pode influenciar bastante a determinação das áreas de uso da espécie.

**Palavras-chave:** Distribuição temporal; monitoramento acústico passivo (MAP); C-POD; boto-cinza;

### INTRODUÇÃO

Ao estudar a dinâmica de uso do espaço de um cetáceo, pode-se destacar três efeitos primários sobre os hábitos destes organismos. São eles: a distribuição e a disponibilidade de presas, a ocorrência e distribuição de predadores, e pôr fim à influência de competidores (Mannocci *et al.*, 2014; Azzellino *et al.*, 2008). A intensidade de cada fator varia a depender do caso, porém a disponibilidade de recurso se mostra como uma explicação fundamental para todos os padrões de ocorrência, distribuição e uso de habitat de cetáceos (Torres, 2009; Anderwald *et al.*, 2012).

Como a maioria dos predadores de topo de cadeia, os cetáceos são um importante justificativa para a manutenção e conservação da vida e dos recursos marinhos (Hazen *et al.*, 2019). Engenheiros do ecossistema, estes organismos mantem a biodiversidade por meio da regulação de populações de presas, fertilizam

ambientes ao migrarem longas distâncias verticais e horizontais, e alimentam todo um micro-habitat específico ao morrerem (Estes *et al.*, 2016; Roman *et al.*, 2014). No geral, estes tendem a se diferenciar em distribuição e uso do habitat em resposta a características físicas e morfológicas de seus ambientes, como a profundidade, temperatura, e distância da costa (Correia *et al.*, 2020), fatores estes bastante influentes na determinação da distribuição e abundância das principais presas do grupo (Gibrán & Moura, 2012). Apesar disso, as respostas aos ambientes podem variar bastante mesmo dentro de uma mesma espécie.

O boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Van Bénéden, 1864), é uma espécie de hábito costeiro (Da Silva *et al.*, 2010), e como tal, está sujeita a dinâmicas bastante próprias desses ambientes. A topografia, proximidade da costa, profundidade e ciclos de maré são exemplos destes fatores já apontados em estudos como variáveis influentes no uso do espaço para a espécie (Araújo *et al.*, 2003, Santos *et al.*, 2010; de Boer *et al.*, 2014; Wedekin *et al.*, 2010; Godoy *et al.*, 2015). Por esta proximidade com a costa, este infelizmente é enquadrado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade como uma espécie vulnerável à extinção (BRASIL, 2022).

A população da Baía Babitonga vem sendo investigada a mais de duas décadas, tendo sido desenvolvidos trabalhos principalmente sobre ecologia e comportamento da espécie (e.g. Cremer *et al.*, 2011; Cremer *et al.*, 2018). A partir disso, compreende-se até o momento que esta população é residente dentro do ambiente estuarino (Hardt *et al.*, 2010), sendo sua distribuição heterogênea, ocupando de maneira mais significativa as áreas mais internas da baía (Cremer *et al.*, 2011). A espécie se alimenta principalmente de teleósteos, com ênfase ao gênero *Mugil* (Cremer, 2007), tendo sido apontada uma relação entre a variação de abundância deste gênero com padrões de presença dos botos-cinza na baía (Paitach, 2015). Há indícios de que as estações do ano influenciem a distribuição da espécie, sendo o inverno o período em que a população apresenta uma expansão de suas áreas de uso, muito possivelmente relacionado à uma redução na disponibilidade de recursos alimentares (Cremer, 2007). Características ambientais como a heterogeneidade do fundo e a profundidade já foram indicadas como potenciais fatores explicativos da distribuição da espécie na Babitonga (Cremer, 2007), assim como a composição do sedimento do fundo, havendo uma preferência por áreas de sedimento lodoso (Paitach *et al.*, 2017). As variações de maré também parecem exercer alguma

influência na distribuição da população, porém ainda não foi identificado um padrão claro de movimentação em relação a essa variável (Paitach *et al.*, 2017).

Fatores antrópicos também se mostraram relevantes na determinação da distribuição dos botos dentro deste estuário, sendo o exemplo mais emblemático o caso da expansão da área portuária do Porto de São Francisco do Sul (entre 1999 e 2000). Esta foi apontada como causa principal do abandono de uma importante área de forrageio dos botos na região (Cremer *et al.*, 2004), evidenciando assim a importância da identificação de áreas críticas para a população neste estuário.

Na Baía Babitonga, há uma simpatria direta com a população residente de *Pontoporia blainvillei* (toninha) (Cremer *et al.*, 2018), e apesar da alta sobreposição das áreas de vida destas populações (Cremer *et al.*, 2018), nunca foi observado grupos mistos. Além disso, até hoje não foram registradas quaisquer interações agonísticas entre essas espécies. Estes fatos podem indicar que não exista competição por interferência entre elas (c.f. Bearzi, 2005), apesar da competição por exploração ser presumível devido a sobreposição de suas dietas e áreas de vida (Cremer, 2007; Paitach, 2015). Recentemente, em um monitoramento acústico em escala mais fina, Paitach *et al.* (2023) identificaram que a presença do boto-cinza influencia os padrões de uso do habitat de *P. blainvillei*, mas que estas mantiveram sua distribuição em uma área específica da baía, mesmo nos períodos noturnos, apenas variando significativamente em relação a mudança de estação. Estes achados ressaltam a importância da segregação espacial como manutenção desta relação entre espécies, mas também evidencia a intolerância entre elas.

Nesta perspectiva, buscando ainda mais esclarecer esta dinâmica presente na Baía Babitonga, o objetivo deste trabalho foi compreender quais as principais variáveis ambientais influenciam o uso de habitat de *Sotalia guianensis*, incluindo na análise a presença de *P. blainvillei*, e verificar padrões de distribuição diária e sazonal para melhor identificação de áreas chave para a espécie dentro deste estuário.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDO**

A Baía Babitonga é um estuário de aproximadamente 160 km<sup>2</sup> de superfície, localizado no litoral norte de Santa Catarina (26°02' – 26°28'S e 48°28' – 48°50'W) (figura 1). A baía é considerada um estuário raso, com a profundidade mais frequente próximo de 5m (Vieira *et al.*, 2008). Morfologicamente, ela possui um canal principal

mais largo a leste próximo a desembocadura para o mar aberto, com profundidades de até 28m, e sua área mais abrangente a oeste se divide em dois eixos alongados e mais estreitos, com profundidade média de 4m. A baía, com 24 ilhas em seu interior (IBAMA, 1998), é influenciada pelo regime de marés classificado como de micro-marés semi-diurnas, com amplitude máxima inferior a 2m em períodos de sizígia, e regime de ventos predominantes vindos dos quadrantes nordeste e leste (Vieira *et al.*, 2008).

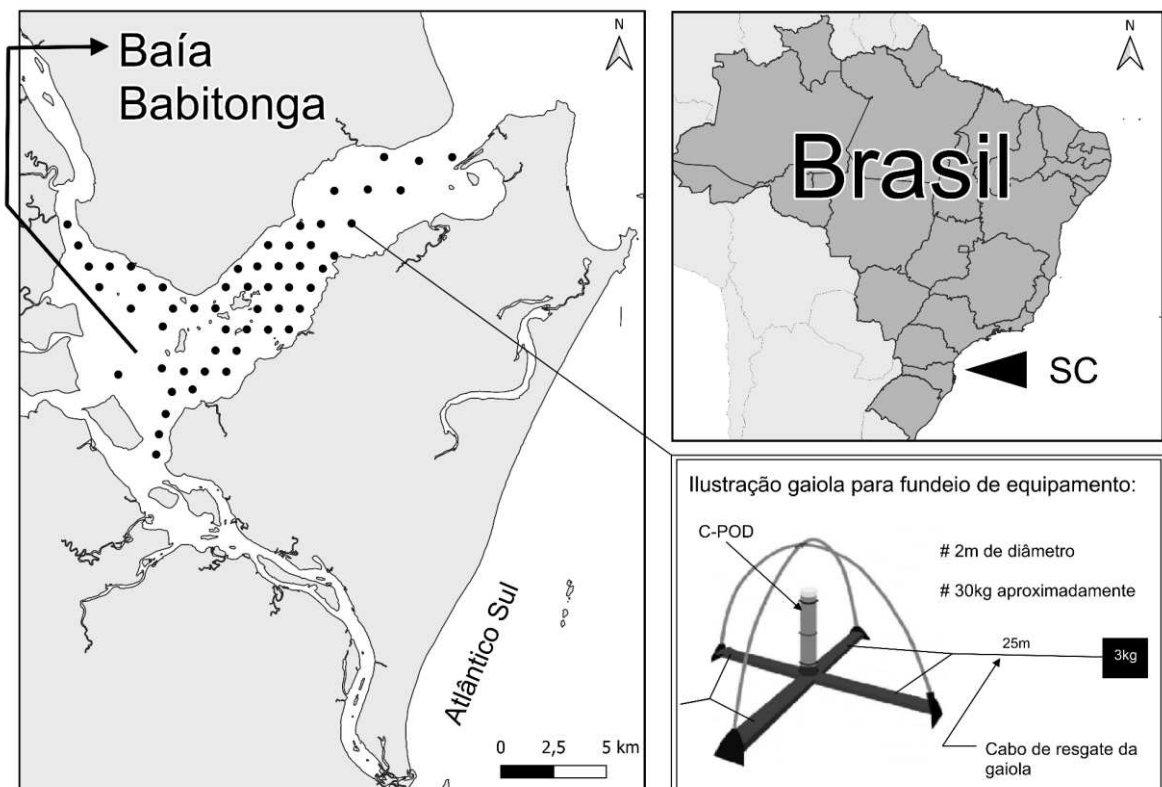


Figura 1: Localização da área de estudo, a Baía Babitonga, no litoral norte de Santa Catarina, Sul do Brasil, e posição do grid de pontos de monitoramento acústico passivo (MAP), e detalhe da estrutura de ancoragem e proteção (“gaiolas”) dos dispositivos de MAP, utilizados para investigação da distribuição e uso de habitat de *Sotalia guianensis* (adaptado de Paitach *et al.*, 2023).

## COLETA DE DADOS

Entre 26 de junho a 24 de dezembro de 2018 foram coletados dados de detectores acústicos colocados no fundo, em áreas com no mínimo 4m de profundidade média. O grid de pontos de monitoramento foi elaborado de forma a cobrir a principal região de ocorrência dos botos-cinza e das toninhas na baía), totalizando 60 pontos de monitoramento que tiveram suas posições definidas aleatoriamente, seguindo um distanciamento entre pontos de 800m nas áreas de maior densidade de cetáceos (c.f. Cremer *et al.* 2018), e 1.600m de distância entre si

no canal de acesso (figura 1). Até 20 detectores foram instalados simultaneamente, com um revezamento de equipamentos entre pontos a cada aproximadamente 30 dias, sempre distribuídos de forma a garantir o monitoramento de forma mais homogênea possível de toda a baía.

O aparelho utilizado para o monitoramento foi o C-POD (Chelonia Limited®, UK), um detector acústico especializado em registrar cetáceos por meio de seus sons pulsados (clicks), registrando pulsos num espectro de frequência de 20 a 160kHz (Tregenza *et al.*, 2016). O aparelho possui um hidrofone omnidirecional e uma autonomia de até quatro meses de operação ininterrupta, sendo os dados armazenados em um cartão SD.

Para implantação e recuperação dos C-PODs, foi desenvolvida uma estrutura de ancoragem e proteção denominada “gaiola” (figura 1). A gaiola foi composta por uma base de aço em forma de X preenchida de concreto, sendo o C-POD fixado no centro com um parafuso. Dois canos de PVC flexíveis formavam dois arcos sobre o C-POD de forma a protegê-lo de se enroscar em redes de pesca de deriva (caceio). Não foram utilizadas boias sinalizadoras na superfície para evitar furto dos equipamentos. Duas poitas de 3kg foram fixadas com cabos de 25m em direções opostas da gaiola, formando uma linha de no mínimo 50m de cabo esticado ao fundo. As posições geográficas das poitas e das gaiolas foram anotadas com GPS. O resgate do arranjo foi efetuado com o uso de uma âncora do tipo garateia arrastada ao fundo, em direção perpendicular à linha de poitas, de forma a fisgar um dos cabos, possibilitando a elevação manual até a superfície. Para esta operação foi utilizado um barco inflável de fundo rígido de 6,5m, com motor de popa 200 hp.

É muito improvável que um boto-cinza seja detectado por mais de um C-POD do grid ao mesmo tempo, e a diferença na taxa de detecção entre os pontos de MAP depende, basicamente, da densidade de indivíduos na área. Para a perda de transmissão de sons com pico de frequência em torno de 30 kHz e nível de fonte de 190 dB, e o limite de detecção do C-POD em 120 dB, o alcance teórico de detecção de um boto-cinza deve ser de cerca de 1.000 m no eixo do feixe de ecolocalização; sendo que fora do eixo essa distância cai para apenas alguns metros (Tregenza *et al.*, 2016). Na prática, porém, a distância efetiva de detecção deve ser consideravelmente inferior, potencialmente muito menor do que a distância mínima entre aparelhos no estudo, isso por se tratar de um ambiente estuarino de alta turbidez e complexidade topográfica, que reduzem muito a propagação dos sons de alta frequência.

Os dados morfosedimentares e topográficos utilizados foram extraídos (considerando um *buffer* com de raio de 400m) com o uso do programa ArcGIS Pro 2.3 (<https://www.esri.com>) para cada ponto de monitoramento, a partir dos dados disponibilizados por Vieira *et al.* (2008). Os dados de maré foram obtidos via tábua de marés disponibilizada pela Marinha do Brasil para o porto de São Francisco do Sul (<https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>). A descrição das variáveis utilizadas nas análises de uso de habitat está na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das variáveis explicativas utilizadas para análise de uso de habitat de *Sotalia guianensis* na Baía Babitonga.

Variável	Tipo	Descrição (amplitude)
Longitude	Numérica	Longitude em UTM (723237 a 741747)
Latitude	Numérica	Latitude em UTM (7086720 a 7101381)
Hora do dia	Numérica	Ciclo nictemeral em horas (00:00 a 24:00)
Mês	Fatorial	Meses do ano (junho a dezembro)
Período do dia	Fatorial	Madrugada (00:00-05:59), manhã (06:00-11:59), tarde (12:00-17:59) e noite (18:00-23:59)
Estado da maré	Fatorial	Fases da maré (enchente, vazante, cheia e baixa)
Tipo da maré	Fatorial	Tipos de maré (sizígia e quadratura)
DPM/H de toninhas	Numérica	Detecção positiva por minuto de <i>Pontoporia blainvillei</i> a cada hora (0 a 60)
Estação do ano	Fatorial	Estações contempladas pelo período de monitoramento, inverno (20 de junho até 21 de setembro) e primavera (22 de setembro até 20 de dezembro)
Sedimento	Fatorial	Tipos de composição de sedimento de fundo (areia; areia com lama; lama com areia; lama)
Profundidade máxima	Numérica	Profundidade máxima em metros (2 a 22,3)
Profundidade mínima	Numérica	Profundidade mínima em metros (0,1 a 6,9)
Profundidade média	Numérica	Profundidade média em metros (1,8 a 10,7)
Amplitude de profundidade	Numérica	Amplitude de profundidade média em metros (1,5 a 18,1)
Inclinação média	Numérica	Inclinação média em graus (0,179 a 3,364)
Inclinação máxima	Numérica	Inclinação máxima em graus (1,519 a 51,388)
Índice de complexidade topográfica (TCI)	Numérica	Índice calculado pela multiplicação de valores escalados para inclinação e aspecto (Bouchet <i>et al.</i> , 2015) em média (0,0001 – 0,6613)



Distância da margem mais próxima	Numérica	Distância em metros da margem mais próxima (146,5 a 1952,5)
Tipo de margem mais próxima	Fatorial	Tipo de margem mais próxima (continente ou ilha)

Os dados coletados foram processados utilizando o programa C-POD.exe (Chelonia Inc., versão 2.044), primeiro classificando as detecções entre as categorias possíveis ("Other Cet" ou "NBHF" - *narrow band high frequency*; banda estreita de alta frequência) com o uso do classificador automático próprio do programa (KERNO), e em seguida extraíndo os minutos de detecção positiva por hora (DPM/h, do inglês, *detection positive minutes per hour*) para cada uma das categorias. As detecções classificadas como *Other Cet* foram atribuídas ao boto-cinza, e as classificações NBHF à toninha (Paitach *et al.*, 2023). Considerando que essas são as duas únicas populações residentes na Baía Babitonga, essa distinção pode ser feita com alta confiabilidade (Paitach *et al.*, 2023). Foram utilizadas apenas as detecções identificadas como de alta ou média confiabilidade, conforme recomendado pelo desenvolvedor do algoritmo. Em decorrência da característica do aparelho de limitar a quantidade de pulsos a serem registrados por minuto (artifício usado para evitar esgotamento de espaço de memória por ruído excessivo), fazendo com que o equipamento deixe de registrar os sinais pulsados após atingir esse limiar e retornando os registros no minuto seguinte, foi realizada uma avaliação e minutos incompletos foram desconsiderados para garantir a homogeneidade amostral.

## ANÁLISE DO USO DE HÁBITAT

Para analisar a influência das variáveis ambientais, temporais e de presença da espécie simpátrica no uso de habitat do boto-cinza na baía foram gerados Modelos Aditivos Generalizados (GAMs; Hastie & Tibshirani 1990). Com um total de 64.745 horas de monitoramento (considerando cada ponto de monitoramento independente) foi utilizada a função "*bam()*" do pacote mgcv R para a construção dos modelos (Wood, 2017). Os minutos de detecção positiva por hora (DPM/h) foi utilizado como proxy para a presença do boto-cinza e(?) analisados como variável resposta em todos os modelos. O conjunto de dados apresentou duas principais características: (a) grande quantidade de zeros (zero inflacionado) e (b) o aspecto de dados de contagem (truncadas no valor de 60). Com isso, a distribuição binomial negativa foi selecionada

como a alternativa de melhor ajuste e foi adotada para modelagem (Atkins & Gallop, 2007).

Para lidar com a autocorrelação temporal e espacial dos dados, a localização de cada ponto de amostragem foi incluída nos modelos como uma variável de efeito aleatório e um suavizador 2-D (latitude-longitude) combinado a um tensor diferente para cada hora do dia, também compulsório. Além disso, uma função autoregressiva de ordem 1 (AR1) foi adicionada aos modelos, sendo calculada para cada modelo, extraindo o valor do primeiro *lag* com a função “*acf()*”, tendo por fim esta estrutura uma aproximação ao GEE (*Generalized Estimating Equations*). Para variável hora do dia foi utilizado um *spline* de efeito cíclico, e um valor de *k* igual a 10 (termo de suavização) foi aplicado para todas as variáveis. Testes de correlação e concurvidade (*concurvity()* – *mgcv* package) foram feitos adotando uma linha de corte de 0,6 no coeficiente de Pearson, de modo que variáveis que apresentaram correlação não foram incluídas em um mesmo modelo. Foi utilizado um método de seleção progressiva (abordagem *Forward stepwise selection*), adicionando variáveis aos modelos com base em comparação dos valores de AIC (*Akaike Information Criterion*) (Burnham & Anderson, 2002). Todas as análises foram executadas no programa R v. 4.0.3 (R Development Core Team, 2020).

## ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO

A análise dos padrões de distribuição foi feita por meio da interpolação de dados espaciais via “Krigagem” Ordinária, utilizando o software Qgis 3.28.8 associado ao plugin Smart-Map (Pereira *et al.*, 2022). Para tanto, foi utilizado como variável de análise o número de horas de detecção positiva de botos-cinza por dia (DPH/d, do inglês, *detection positive hours per day*), por período do dia (Madrugada: 00:00-05:59; manhã: 06:00-11:59, tarde: 12:00-17:59; e noite: 18:00-23:59) e estação. Os modelos foram escolhidos para cada variável por meio de comparação do  $R^2$  (selecionando o modelo com  $R^2$  mais próximo de 1), sendo os ajustes dos semivariogramas avaliados por meio da validação cruzada (VC - Cressie, 1991; Lundgren *et al.*, 2017). Isto foi feito observando principalmente os gráficos diagnósticos junto aos valores do coeficiente angular e intercepto da reta na regressão ajustada para cada variável, idealmente próximos de 1 e 0 respectivamente (Apêndice A.1).

## RESULTADOS

No período de 26 de junho a 24 de dezembro de 2018, foi coletado um total de 66.350 horas de registros acústicos, ao longo de 182 dias. Destas, 64.745 horas (97,6%) foram consideradas aptas para análise após a exclusão dos dados com excesso de ruído. Todos os C-PODs empregados no estudo funcionaram normalmente, porém a perda de equipamento devido a influências hidrodinâmicas (força de maré) ou de emalhe em redes de pesca foi um obstáculo. Apesar disto, pouco ou nenhum prejuízo se deu na uniformidade da coleta dos dados. Os resultados foram considerados satisfatórios e expressivos para as análises de uso de habitat e distribuição do boto-cinza, nas estações de primavera e inverno.

### USO DE HABITAT

O modelo de uso de habitat que melhor acomodou o conjunto de dados analisado foi capaz de explicar 20,7% do desvio e ajuste dos dados, sendo considerado como o modelo final (tabela com valores estimados em apêndice A.2; detalhamento das etapas da modelagem em Apêndice A.3, A.4 e A.5).

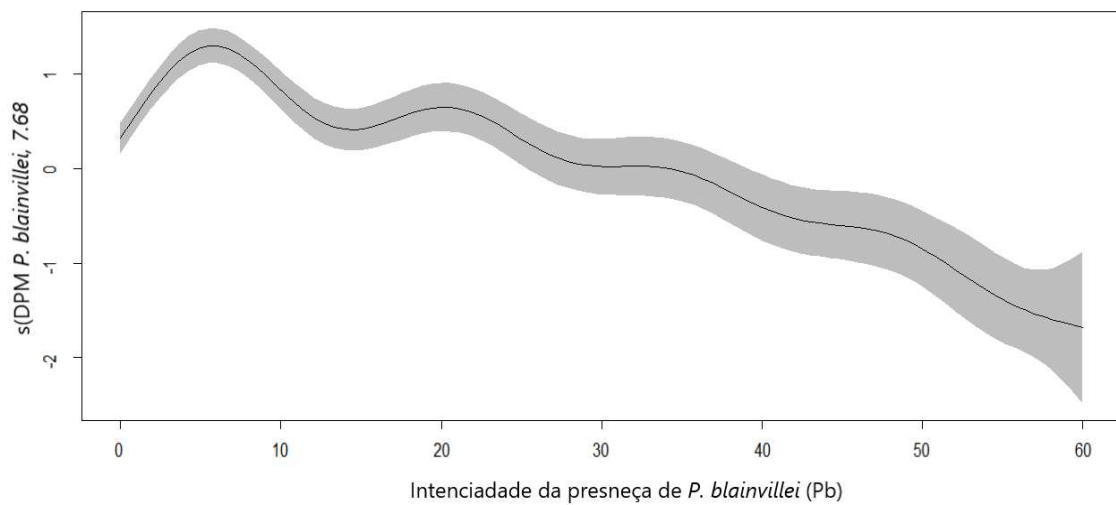
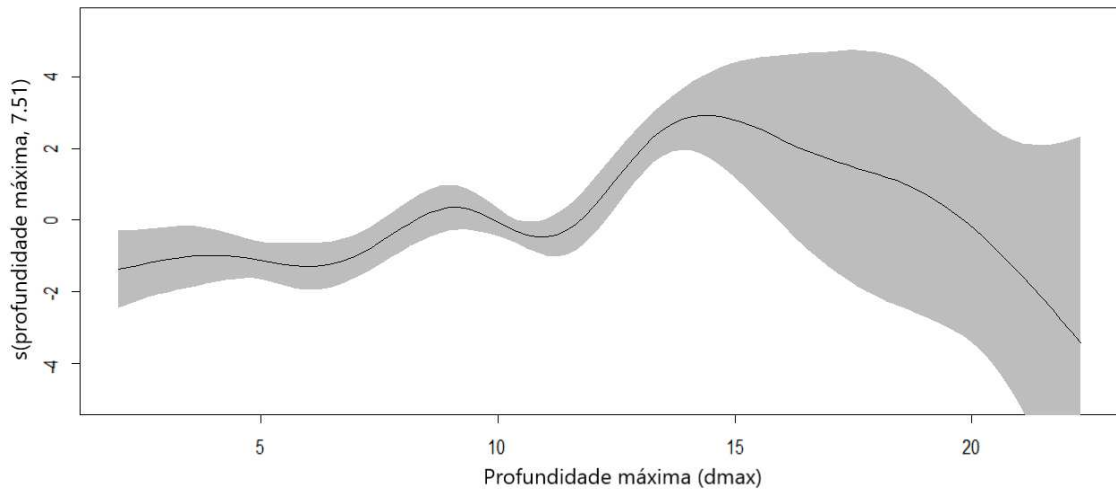
As principais variáveis que apresentaram importância para o uso que o boto-cinza faz do seu habitat, ou seja, as que melhor se ajustam ao modelo final, foram (em ordem de importância): profundidade máxima, presença de toninha, hora do dia e distância da margem (Figura 2). Em suma, os efeitos observados para cada variável selecionada foram:

(1) O boto-cinza utilizou áreas relativamente mais profundas dentro da área de estudo, entre 10 e 20 m, com o maior pico de uso em 15 m de profundidade.

(2) A presença do boto-cinza está negativamente relacionada com a presença da toninha, ou seja, os principais locais de ocorrência do boto-cinza são pouco utilizados pela toninha e áreas moderadamente utilizadas por ambas as espécies são compartilhadas, e áreas com alta intensidade de uso da toninha são pouco ou nada utilizadas pelos botos-cinza.

(3) Há um padrão de agregação-desagregação da população relacionado com as horas do dia. A população está no seu período mais agregada (em suas principais áreas de uso—ver DISTRIBUIÇÃO) no final da madrugada e início da manhã, entre 5h e 6h, passando para um período gradual de desagregação até o meio da tarde (15h), quando a população está mais dispersa, seguida por um período gradual de agregação até atingir um novo pico de agregação no meio da noite (22h).

(4) Há uma preferência do botos-cinza por áreas com uma distância máxima da margem inferior a 400 m, seguido por um uso moderado e homogêneo de áreas com distâncias de até aproximadamente 1.000 m, quando ocorre uma queda na intensidade de uso, que se mantém baixa até o alcance máximo de distâncias amostradas (aproximadamente 2.000 m).



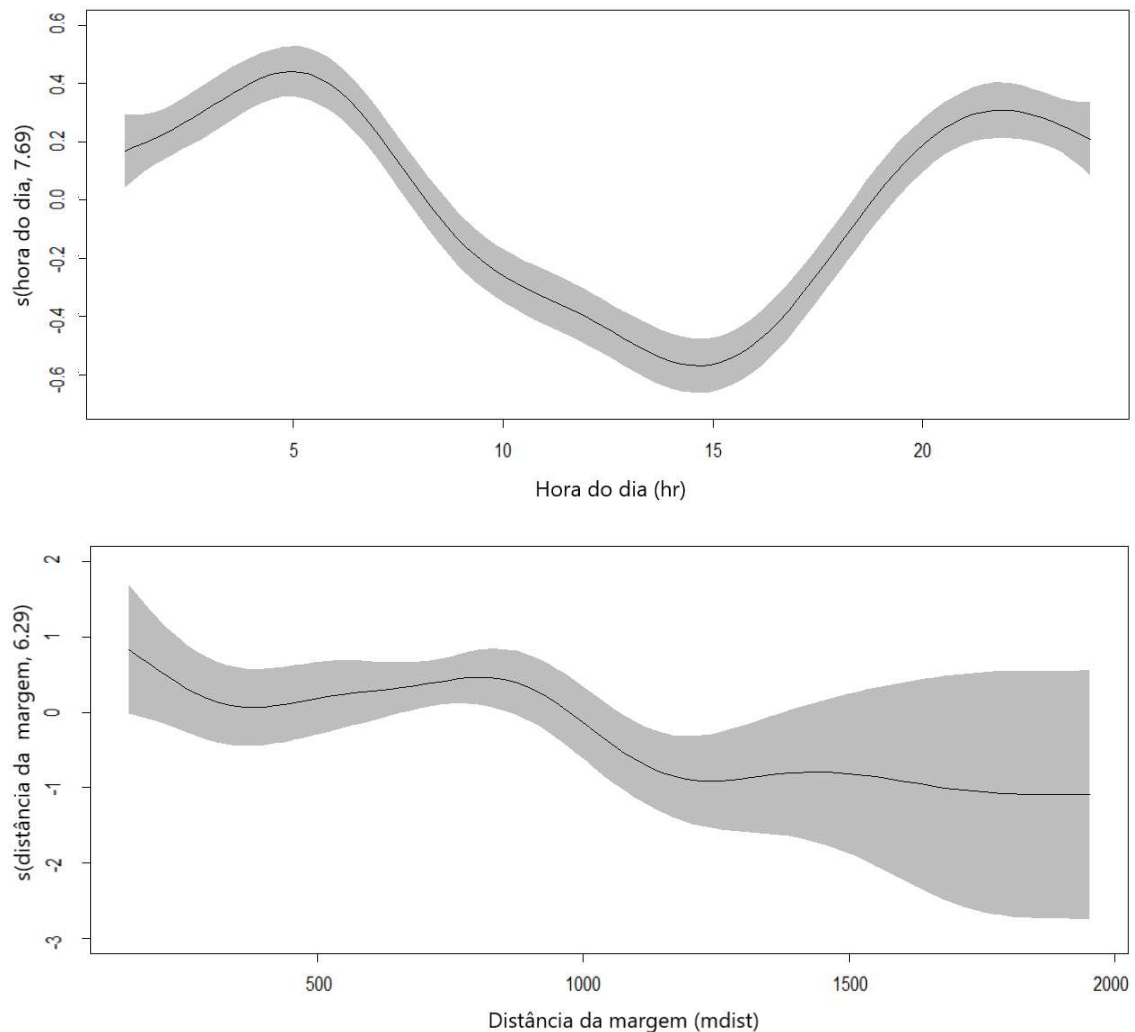


Figura 2: Efeito das variáveis selecionadas no modelo aditivo generalizado para explicar o uso de habitat de *S. guianensis* na Baía Babitonga, sul do Brasil.

## DISTRIBUIÇÃO

Foi observado um padrão heterogêneo de distribuição do boto-cinza na Baía Babitonga. Embora a espécie utilize praticamente toda a área da baía, as áreas mais internas são mais intensamente utilizadas, tanto na primavera quanto no inverno. A região entre as ilhas centrais da baía e a margem sul, conhecida como Laranjeiras, representa o principal habitat dessa população (Figura 3). A importância desta área é mais evidente na primavera, quando a mancha de densidade é maior e se estende também para as áreas a norte e oeste das ilhas centrais, principalmente nos períodos da madrugada e manhã (Figura 4). No inverno, uma segunda área passa a apresentar importância no uso dos botos-cinza, e está localizada mais ao norte da baía e próxima do canal de acesso ao mar aberto, conhecida como enseada Itapoá (Figura 3), ficando

evidente que os botos utilizam essa segunda área principalmente durante a noite (Figura 5).

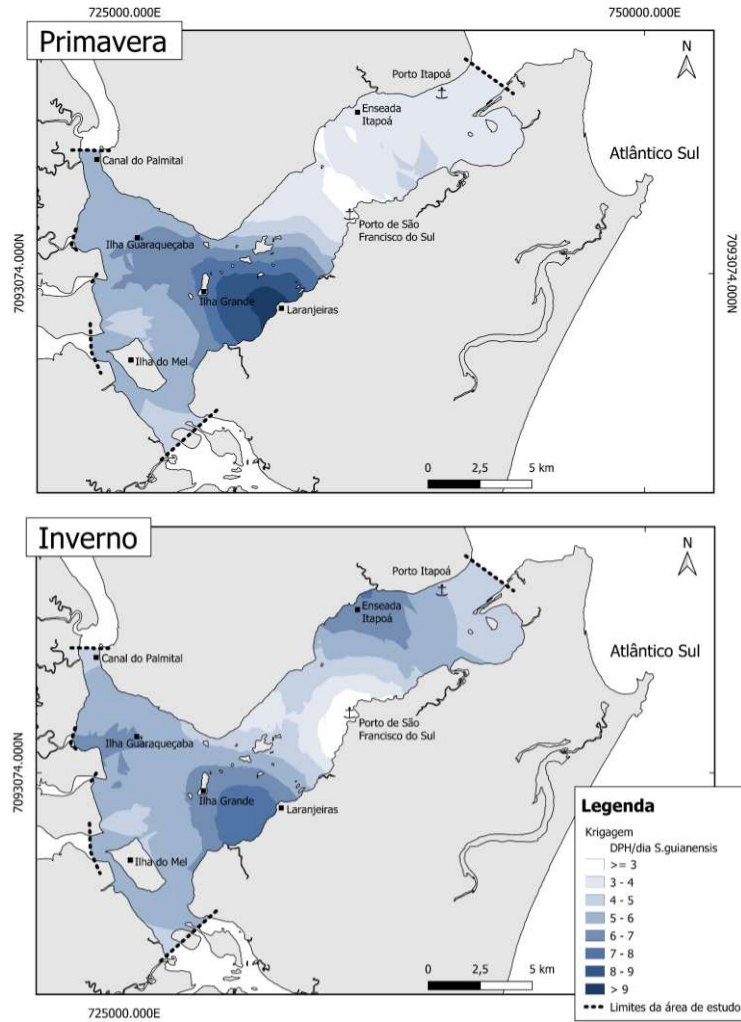


Figura 3: Distribuição de *Sotalia guianensis* na Baía Babitonga, nas estações de inverno e primavera, analisado a partir do número de horas de detecção acústica por dia.

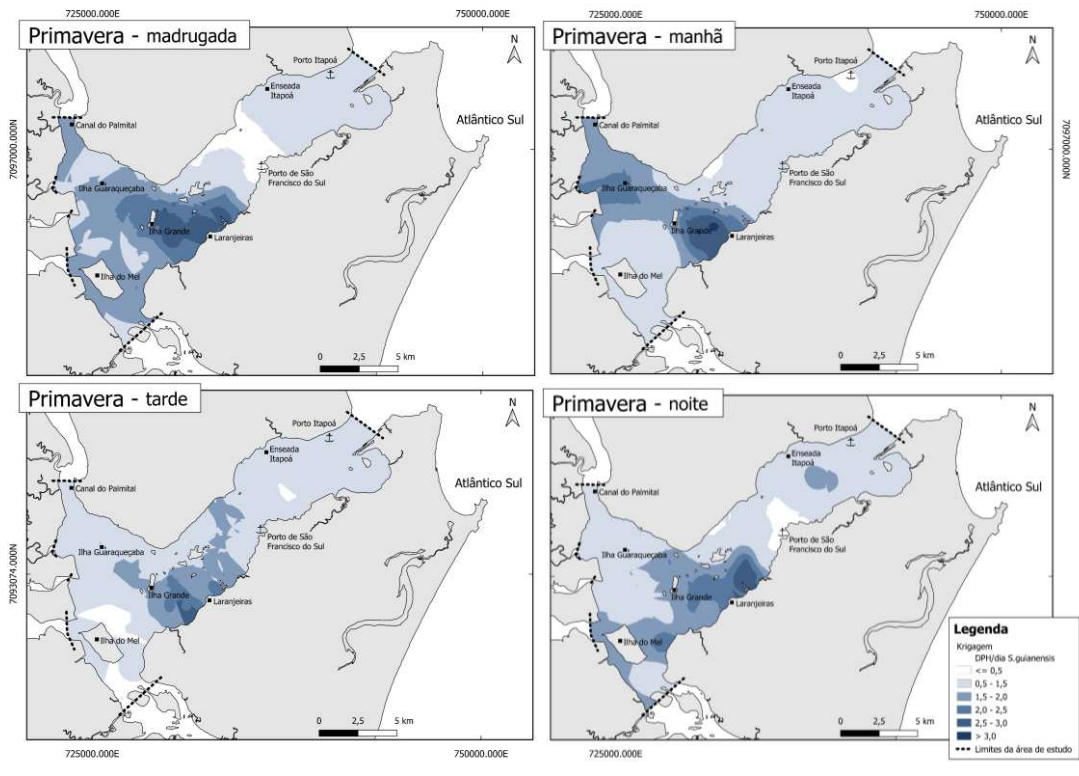


Figura 4: Distribuição de primavera de *Sotalia guianensis* na Baía Babitonga nos quatro períodos do dia: madrugada (00:00-05:59), manhã (06:00-11:59), tarde (2:00-17:59) e noite (18:00-23:59).

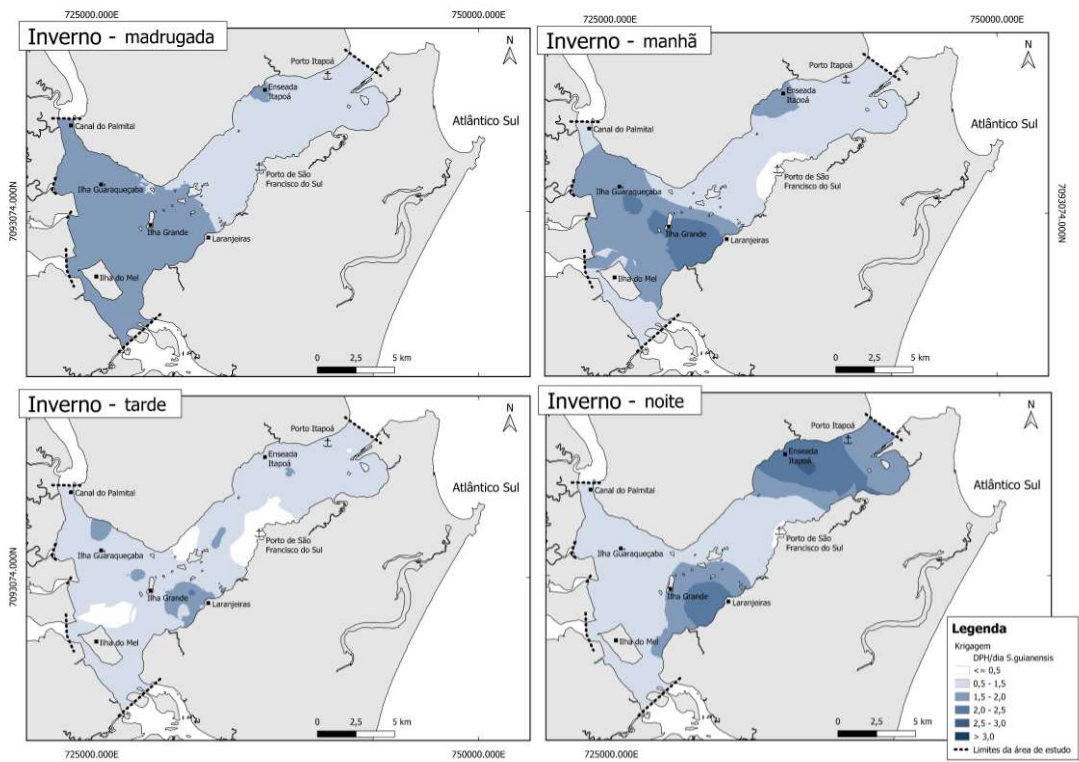


Figura 5: Distribuição de inverno de *Sotalia guianensis* na Baía Babitonga nos quatro períodos do dia: madrugada (00:00-05:59), manhã (06:00-11:59), tarde (2:00-17:59) e noite (18:00-23:59).

## DISCUSSÃO

### PADRÕES DIÁRIOS E SAZONAIS DE DISTRIBUIÇÃO E USO DO HABITAT

A população de botos-cinza apresentou uma distribuição heterogênea e não aleatória dentro da Baía Babitonga, com períodos evidentes de agregação nas regiões mais internas da baía, principalmente na região das Laranjeiras, entre as ilhas e a margem sul, corroborando estudos anteriores com a mesma população (Cremer *et al.*, 2018; Cremer *et al.* 2011, Cremer, 2007; Paitach, 2015). A heterogeneidade no uso do espaço por populações é o mais observado para a espécie ao longo da sua distribuição (Godoy *et al.*, 2015; Oshima & Santos, 2016; Cremer *et al.*, 2011; Azevedo *et al.*, 2007; Bonin *et al.*, 2017; Araújo *et al.*, 2007; Rossi-Santos *et al.*, 2010), sendo este padrão um reflexo adaptativo frente às pressões ambientais que cada ambiente. Estas podem estar relacionadas há inúmeras causas, como barreiras naturais, antropogênicas, ou mesmo por interações ecológicas, com a presença de um competidor (Gowans *et al.*, 2007). Apesar destas influências, é certo dizer que o principal fator de influência para a determinação destes padrões de uso de habitat é a disponibilidade de presas (Cremer, 2007; Azevedo *et al.*, 2007; Bonin *et al.*, 2017).

Uma variação sazonal da distribuição também ficou aparente, mostrando que a população tende a permanecer mais nas áreas historicamente de maior uso (Cremer *et al.*, 2018) durante a primavera, expandindo sua distribuição durante o inverno. Esse padrão já foi identificado em trabalhos anteriores com esta mesma população, que apontaram para a variação da disponibilidade de alimento (menor no inverno) como principal explicação para este comportamento (Cremer *et al.*, 2018; Cremer *et al.* 2011, Cremer, 2007; Paitach, 2015). Esta resposta sazonal foi também encontrada em trabalhos com a população da Baía Norte, Santa Catarina (Daura-Jorge & Simões-Lopes, 2004). Esta variação na produtividade é observada por Parizzi *et al.* (2013) para a Babitonga, que identificou a primavera como período com produtividade de fitoplâncton superior em comparação ao inverno.

No inverno surge também uma segunda área importante de uso, próxima ao canal de acesso da baía e do Porto de Itapoá, área que possui margens de praias areno-lodosas relativamente preservadas (em exceção óbvia as áreas do porto). Essa região da desembocadura da Babitonga foi anteriormente apontada como uma região pouco utilizada pelos botos-cinza (Cremer *et al.*, 2011), porém com o monitoramento



acústico nos períodos noturnos foi possível identificar a importância dessa área. É interessante notar que a utilização desta área ocorre principalmente no período noturno, onde é identificado pelo modelo de uso de habitat um dos dois picos de agregação desta população. A agregação da população em certas áreas reflete as oportunidades de obtenção de recursos, uma vez que organismos de topo de cadeia e generalistas (Cremer et al., 2012) como os botos vão despender mais tempo nos locais em que costumam obter maior retorno energético, enquanto áreas menos utilizadas refletem habitats de uso exploratório (Gowans et al., 2007). No estuário da Cananéia, foi observado que os botos-cinza utilizam principalmente áreas próximas ao mar aberto, possivelmente associadas aos movimentos de entrada e saída de presas e que ficam mais acessíveis nestes ambientes de transição (Godoy et al., 2015). Possivelmente, no caso da Babitonga, existe uma relação entre a utilização destas áreas de transição com a predação de Mugilídeos (gênero *Mugil*), peixes que realizam migrações latitudinais, principalmente durante o inverno, e movimentos de entrada e saída nos ambientes estuarinos (Lemos et al., 2014). Este grupo representa um dos principais itens na dieta do boto-cinza na Babitonga (Cremer et al., 2012; Paitach, 2015).

Outras explicações podem estar relacionadas aos padrões comportamentais das presas em resposta a interferência humana, como a atração para estas áreas devido a poluição luminosa bastante intensa no porto de Itapoá, efeito já registrado tanto para peixes como para cefalópodes (Martins & Perez, 2006). Outra possibilidade seria inferir que o maior uso destas áreas, possa estar refletindo a captura durante a maior intensidade de movimentos de entrada ou saída da Babitonga. Registros de carcaças apontam que os botos fazem uso das áreas externas na baía, um comportamento já notado em outra população de botos-cinza (Rossi-Santos et al., 2010). Esse uso de áreas externas pode estar ligado a disponibilidade de um recurso também bastante importante na dieta desta população, as lulas. Movimentos verticais na coluna d'água são previstos para períodos afóticos (Dolar et al., 2003), estes bastante influentes na disponibilidade de cefalópodes pelágicos em águas mais superficiais (Roper & Young, 1975). Nenhuma das hipóteses levantadas são excludentes, podendo e podem ser utilizadas em conjunto para explicar os resultados deste estudo.

Esse foi o primeiro trabalho a analisar os padrões de distribuição da espécie em períodos noturnos, limitando as possibilidades de comparação com outras

populações. Entretanto, deve-se mencionar que antes deste, outro estudo feito no estuário de Cananéia já fazia inferências ao comportamento da espécie durante a noite (Atem & Monteiro-Filho, 2006). A influência do ciclo nictemeral já foi observada para outras espécies de odontocetos (Zein *et al.*, 2019), podendo estar ligada tanto a fatores naturais como disponibilidade de presas (Dolar *et al.*, 2003), ou fatores antrópicos, estes evitando áreas com menor perturbação antrópica em períodos específicos (La Manna *et al.*, 2014). No geral os botos-cinza na Babitonga se mostraram mais agregados em áreas de concentração durante o final da madrugada/início da manhã e no meio da noite, gradualmente diminuindo esta condição até o período da tarde quando estão mais dispersos. Isto pode indicar formação de grupos maiores em períodos específicos objetivando um determinado comportamento, como observado por Daura-Jorge *et al.* (2005) na Baía Norte (Santa Catarina), com um aumento do número de indivíduos com relação à atividade de forrageio. Isso pode estar associado a um aumento das chances de sucesso da captura de presa ou execução de estratégias específicas para captura de determinadas presas que demandam um trabalho em grupo (Burgess, 2006). Nesta lógica poderia se supor que a atividade de forrageio seja maior no período noturno, como visto por Wang *et al.* (2015) para os *Sousa chinensis* no Estuário do Rio das Pérolas (China), e para as toninhas na Babitonga (Paitach *et al.*, 2023).

A influência dos períodos do dia sobre as assembleias e populações de peixes já é bastante conhecida (e.g. Livingston, 1976; Castillo-Rivera *et al.*, 2010), sendo observado para ambientes estuarinos o aumento da disponibilidade de peixes durante os períodos noturnos (Castillo-Rivera *et al.*, 2010; Griffiths, 2001; Methven *et al.*, 2001). Espécies de peixes soníferos tendem a apresentar maior intensidade de atividade acústica ao amanhecer e ao anoitecer (Au e Banks 1998; Cato & McCauley 2002; Radford *et al.*, 2008). Em especial, os peixes pertencentes à família Sciaenidae como a corvina (*Micropogonias furnieri*, Ramcharitar *et al.*, 2006), uma das principais presas do boto-cinza na Babitonga (Cremer *et al.*, 2012; Paitach, 2015) são bastante ativos acusticamente em períodos crepusculares, o que poderia estar relacionado a essa agregação crepuscular observada nos resultados.

FATORES DO HABITAT RELACIONADOS COM A PRESENÇA DA ESPÉCIE NA  
BAÍA BABITONGA

*S. guianensis* é um cetáceo muito bem adaptado a viver em áreas costeiras abrigadas, como baías e estuários (Flores *et al.*, 2010, 2018; Monteiro-Filho *et al.*, 2002), ambientes estes ricos em oferta de diferentes habitats. Com registro de ocorrência limite em 50m (Fernandes, 2005), *S. guianensis* ocorre mais frequentemente em áreas com profundidade de 3 a 15 m (Melo, 2018; Molina, 2017; Lodi, 2003; Azevedo, 2005; Azevedo *et al.*, 2007; Flores & Bazzalo, 2004; Godoy *et al.*, 2015). Apesar disso, a espécie pode ser encontrada em áreas ainda mais rasas, com menos de 1 m de profundidade (Godoy *et al.*, 2015), um fato interessante considerando o comprimento máximo de 2,22 m para a espécie (Ramos *et al.*, 2010). Apesar desta amplitude na profundidade das áreas de ocorrência da espécie, o observado é uma seleção de habitat própria para cada local, mediante as características ambientais (por exemplo, Lodi, 2003; Godoy *et al.*, 2015).

Na Babitonga, embora a profundidade média predominante seja cerca de 5m (Vieira *et al.*, 2008), a espécie esteve mais presente em áreas com profundidade de 10m a 20m, sendo 15m a profundidade de maior ocorrência. Este resultado é similar ao encontrado para o estuário de Cananéia (São Paulo - Godoy *et al.*, 2015; Molina, 2017) e na Baía da Guanabara (Rio de Janeiro - Azevedo *et al.*, 2005; Azevedo *et al.*, 2007; Carvalho, 2013), e distinto do encontrado na Baía de Paraty (Rio de Janeiro - Lodi, 2003), baía de Paranaguá (Paraná - Domit, 2010), Baía Norte (Santa Catarina - Flores & Bazzalo, 2004; Wedekin *et al.*, 2010), Enseada do Mucuripe (Ceará - Meirelles, 2014) e Caravelas (Bahia - Rossi-Santos *et al.*, 2010), localidades onde *S. guianensis* foi mais presente em áreas mais rasas. Segundo Simão & Poletto (2002), a seleção de áreas mais profundas dentro do habitat de ocorrência parece estar ligada principalmente à atividade de forrageamento, mais especificamente pelo tipo de presa.

Tanto a *Mugil curema* e *Micropogonias furnieri* são apontadas como principais presas do boto-cinza na Babitonga (Cremer *et al.*, 2012), e justamente são descritas como espécies que utilizam mais habitualmente profundidades de até 20m, e de 20 a 40m, respectivamente (Froese & Pauly, 2007) Com isso, é razoável supor que a profundidade de maior ocorrência observada para os botos-cinza na Babitonga possa refletir na verdade a ocupação de habitats de suas principais presas. Esta relação predador/presa e profundidade já foi investigada na Babitonga em trabalhos anteriores, sendo observado por Paitach (2015) um movimento entre áreas mais rasas e áreas mais fundas pelos botos em detrimento a disponibilidade de *M. furnieri* e *M. curema*.

O comportamento de pesca em grupo também pode ser uma explicação para o uso de áreas mais profundas, sendo essa atividade possivelmente dificultada em ambientes com profundidade reduzida. A pesca em grupo é de grande importância para predadores como o boto-cinza, trazendo vantagens na captura de presas que possuem tendências a aglutinação em cardumes (Tardin *et al.*, 2011), inclusive sendo este o caso para *M. curema* e *M. furnieri*. Esta agregação para fins de alimentação é observada por Santos & Rosso (2007), que constatou um aumento no tamanho dos grupos dos botos-cinza com o aumento da profundidade local, isto como forma de aumentar o sucesso da procura e captura de presas.

A maior ocorrência de boto-cinza nas proximidades de margens de ilhas e continente possivelmente está refletindo também a maior variedade de habitat da região. Com 24 ilhas de base rochosa em seu interior (Vieira *et al.*, 2008; IBAMA, 1998), poucas são as áreas que estejam distantes mais do que 1.000m de alguma margem, tendo esta variável uma amplitude entre 150m e 2.000m. Apesar disso, os botos-cinza utilizaram mais as áreas com menos de 1.000m de distância até a margem, o que reforça a importância das áreas mais internas da baía, onde há maior concentração de ilhas. Formações rochosas, na maior parte das vezes, são obstáculos naturais que agregam complexidade à topografia local, uma característica que normalmente é atrativa para peixes (Gratwicke & Speight, 2005). Somado a isso, estas estruturas podem ser usadas pelos botos-cinza em estratégias de captura de presas, um comportamento que possivelmente explicaria a presença da espécie nas proximidades deste tipo de ambiente (Paitach *et al.*, 2017; Rossi-Santos *et al.*, 2010). Os resultados desse estudo também corroboram o que foi observado por Rossi-Santos *et al.* (2010) e Edwards & Schnell (2001), mostrando que ainda que a espécie use ambientes mais expostos, a proximidade da costa se mostra importante (Batista *et al.*, 2014).

#### SIMPATRIA COM TONINHAS

Ecologicamente semelhantes, as populações de toninha (*Pontoporia blainvillei*) e boto-cinza na Baía Babitonga tem sua sobreposição de nicho trófico considerado mediana (Cremer *et al.*, 2012, Paitach, 2015). Apesar de nenhum registro de agressão entre as espécies ter sido observado até o momento, igualmente nenhum grupo misto também foi registrado. Somasse a isso o observado respectivamente por Cremer *et al.* (2018) e Paitach *et al.* (2023) - que as áreas de maior intensidade de uso das

espécies não se sobrepõem, e que presença de toninhas decai perante a maior presença de boto-cinza - pode-se esperar, ou mesmo inferir, que a competição indireta (Begon *et al.*, 1986) está presente no caso desta simpatria presente na Babitonga.

A presença de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) no presente estudo, mostrou-se como um dos principais fatores relacionados a presença do boto-cinza na Baía Babitonga, sendo esperado uma menor presença dos botos perante uma maior presença de toninhas. Este resultado reforça o entendimento de que a segregação espacial ou segregação de habitat é um dos principais mecanismos de coexistência entre estas populações de pequenos cetáceos na Babitonga. Essa também é a realidade segundo Oviedo *et al.* (2018) no Golfo Dulce (para *Tursiops truncatus* e *Stenella attenuata*) e Giménez *et al.* (2017) no Estreito de Gibraltar (para *Stenella coeruleoalba* e *Delphinus delphis*), ambos inclusive destacando a profundidade como aspecto de maior relevância para esta segregação.

A diferenciação de habitats utilizados por cada espécie pode parecer meramente um fator espacial inicialmente, mas no caso de organismos como os cetáceos, acaba por também estar ligado a uma diferenciação de nicho trófico (Bearzi, 2003; Pianka, 1974) - já que na verdade é exatamente a influência dos habitats sobre as presas que define o uso de hábitat de cetáceos (Juárez-Hernández *et al.*, 2021). Isto indica basicamente que será bastante comum observar a segregação de habitat associada a uma diferenciação de nicho trófico, e como estudos mostram na Babitonga, estes podendo variar sazonalmente (com a diminuição da sobreposição de nicho trófico entre as espécies justamente no período em que suas áreas de uso mais se sobrepõem; Paitach, 2015).

A segregação temporal mesmo que menos frequente do que a espacial (Bearzi, 2005), também é apontada em vários casos como meio de diminuição de competição em que há simpatria entre cetáceos (Schoener, 1974; Kiszka *et al.*, 2011), (Giménez *et al.*, 2017), sendo também indicada como possível explicação para usos compartilhados de áreas de interesse mútuos entre toninhas e botos na Babitonga (Paitach *et al.*, 2023). Ainda não é possível saber qual das espécies evita a outra, e em que nível isso acontece, mas certamente pode-se supor que o boto-cinza possui maiores atributos competitivos, com maior tamanho, peso, e um maior número de indivíduos por grupo (Cremer, 2007). A compreensão dos processos de segregação de nicho, em especial em locais onde ocorra simpatria, é de extrema importância para objetivos de conservação (Franchini *et al.*, 2020; Kiszka *et al.*, 2011), principalmente

se o caso for em um ambiente com espaço restrito como a Babitonga. Por fim, é razoável supor que o principal fator que sustenta a simpatria deve-se a Babitonga ser produtiva o suficiente para sustentar tal condição, o que ressalta a importância de iniciativas de gestão e conservação deste ambiente (Cremer, 2007).

## HABITATS CRÍTICOS PARA CONSERVAÇÃO

A baía Babitonga, no geral, apresenta uma parcela considerável de áreas não urbanizadas, em especial em áreas mais interiores, e talvez não por uma relação aleatória, estas são também as áreas de maior concentração de botos na baía. Em oposição a estas áreas, temos a região mais externa, mais próxima ao único local de entrada ou saída após o fechamento do canal do Linguado (Barbosa & Mazzer, 2003), onde dois portos operam já a vários anos na região, e novamente não por acaso, são estas as áreas com maior energia sonora na Babitonga (Cremer *et al.*, 2018). Os efeitos deste tipo de poluição podem interferir em primeira instância no comportamento acústico (Holz *et al.*, 2010; Bittencourt *et al.*, 2014), dificultando as atividades dependentes da emissão do som (Maciel *et al.*, 2022), sendo no caso do boto-cinza praticamente todas elas. Para além destes efeitos digamos mais crônicos, a instalação e expansão destes portos são bastante impactantes, e isso não só acusticamente, sendo sempre necessários a modificação topográfica local para a adequação do ambiente a essa atividade. Nesse caso, não é necessário supor o quão determinante esse tipo ação pode ser para os padrões de distribuição e uso de habitat de cetáceos no geral (exemplo: Paiva *et al.*, 2015), sendo já observado historicamente o abandono parcial e definitivo das áreas próximas ao Porto São Francisco do Sul após sua expansão por parte dos botos-cinza na Babitonga (Cremer *et al.*, 2004).

Nesta perspectiva, trabalhos como o de Wang *et al.* (2015) e Verfuß *et al.* (2007) ressaltam a importância de um monitoramento continuado, para criação de um banco de dados anterior a influências antrópicas, ou mesmo para melhor ordenamento temporal do uso de áreas importantes para estes cetáceos. Duas regiões foram identificadas como habitats críticos para o boto-cinza na Baía Babitonga. A região central das ilhas e a região das Laranjeiras representa o principal habitat dessa população, especialmente na primavera, principal estação de nascimento de filhotes (Cremer *et al.*, 2018). A proteção de importantes áreas de reprodução é essencial para a conservação, uma vez que as fases da vida jovem são particularmente vulneráveis às ameaças (Ross *et al.*, 2011). Outra área, próxima ao canal de entrada da baía

(enseada Itapoá) também se mostrou importante no inverno, estação em que a disponibilidade de alimentos tende a ser menor (Cremer, 2007), mostrando que esta também representa um importante habitat para alimentação. A proteção das áreas de alimentação é essencial a conservação destes organismos, visto que por ocuparem a posição no topo das cadeias alimentares marinhas, estes acabam por possuírem elevadas necessidades energéticas (Ross *et al.* 2011, Wisniewska *et al.*, 2016).

Mesmo se observando no presente estudo uma variabilidade no uso de habitat e distribuição para além do que era antes compreendido, a região da Laranjeiras é novamente apontada como a área de maior importância para a espécie dentro da baía (Cremer, 2007; Paitach, 2015; Cremer *et al.*, 2018). Isto torna iminente a discussão sobre vários empreendimentos portuários quer visão utilizar a região da Laranjeiras para suas operações (Gerhardinger *et al.*, 2021). Se estes vierem a se instalar, o impacto direto sobre esta população é iminente, visto o já relatado anteriormente sobre o porto de São Francisco do Sul (Cremer *et al.*, 2004). E nesse cenário ainda há um agravante, já que não se sabe como se reorganizaria a população de botos dentro da baía, pode se esperar que a população de toninhas também possa ser prejudicada.

#### MOONITORAMENTO ACÚSTICO PASSIVO DO BOTO-CINZA NA BABITONGA

Para compreensão dos resultados duas principais premissas foram adotadas neste estudo. (1) a heterogeneidade observada nas detecções acústicas reflete a densidade desses animais (Verfuß *et al.*, 2007; Verfuß *et al.*, 2005), ou seja, maior quantidade de sons pulsados, maior quantidade de indivíduos; e (2) levando em conta a baixa taxa de emigração e alta taxa de retorno (Schulze, 2012), considera-se aqui irrelevante a contribuição de taxas de imigração e emigração sobre os padrões observados.

Ao mesmo tempo, alguns vieses causados pelo método utilizado para coleta dos dados também devem ser considerados. Com os detectores instalados junto ao fundo da baía, é possível que comportamentos distintos possam causar a perda de detecções, uma vez que a direcionalidade do som emitido afeta na detectabilidade destes animais pelos gravadores ou detectores acústicos (Au, 1993). Entretanto é razoável supor que animais que estejam de fato se utilizando de um local, em especial durante o forrageio, tenham maior chance de ser detectados do que um animal apenas que passe em deslocamento (Nuutila *et al.*, 2013). Com isso, e ao observarmos também que os mapas de distribuição e áreas de forrageio se sobrepõem bastante

nos levantamentos feitos por Paitach *et al.* (2023), assumimos que estas possíveis perdas de detecção não afetaram de forma significativa os resultados do trabalho. Por fim, nenhum aparelho foi colocado em áreas de profundidade média inferior a 4 m, o que deve ser apontado como limitação do estudo, isso principalmente relacionado aos resultados de profundidade e distância da margem.

A distância efetiva de detecção também foi um fator que parece precisar de mais experimentos para mensuração desta distância efetiva, isso para garantir que a reamostragem seja realmente descartável como hipótese.

A respeito da modelagem, com apenas 20,7% dos desvios explicados pelo modelo final, certamente partes desta dinâmica ambiente/presa/predador ainda não foi devidamente abarcada pela análise. A sugestão aqui fica para a adição de outras variáveis ambientais já descritas como influentes para uso de habitat do boto-cinza em outras regiões, exemplo a salinidade e a temperatura (Tardin *et al.*, 2020; Godoy *et al.*, 2015), assim como relacionar variáveis como distância da margem com tipo de margem para melhorar o ajuste. Também fica a sugestão de adicionar fatores ligados à atividade antrópica, principalmente as relacionadas à intensidade de tráfego, poluição acústica e urbanização de área de costa.

A premissa de que mais registros acústicos equivalem a um aumento de indivíduos local não é irrefletida, mas considerando as diferenças de emissão acústica entre diferentes atividades, a indicação de maiores agrupamentos de indivíduos em períodos noturnos deve ser lida com cautela. A sugestão aqui seria separar os sons pulsados entre as atividades de deslocamento e forrageio, isto também para a análise de distribuição, similar ao que foi feito por Paitach *et al.* (2023). Apesar dos cuidados na fase de modelagem para diminuição da autocorrelação e inflação de zeros, está ainda presente no modelo final, porém em menor grau do que inicialmente no caso da autocorrelação. Dessa forma, talvez tentar abordagens diferentes como a modelagem em duas partes (ou *Two-Part Models*) para diminuir problemas com inflação de zeros possam ser um caminho para melhorar o ajuste.

## 1. CONCLUSÃO

O presente estudo é precursor no monitoramento acústico passivo dos períodos noturnos de *Sotalia guianensis*, assim como é o monitoramento em escala espaço temporal mais fino já feito para a espécie até o momento. Os resultados apoiam-se muito nas vantagens oportunizadas pelo emprego de um MAP extensivo,



demonstrando a eficiência destes conjuntos de métodos para estudo de uso de habitat e distribuição de pequenos cetáceos.

A região da Laranjeiras foi identificada como área de maior importância para a espécie. Apesar disso, o uso das áreas próximas à desembocadura da baía aparece relacionado aos períodos noturnos, em especial durante o inverno. A espécie tem a profundidade máxima como fator de maior relevância no uso de habitat na Babitonga, seguido da presença de *Pontoporia blainvillei*, hora do dia e distância da margem.

A importância da região das Laranjeiras nos leva ao que foi indicado anteriormente, ressaltando a importância de prudência para toda e qualquer atividade mais impactante a ser desenvolvida na área. Padrões de distribuição nos períodos noturnos são extremamente escassos na literatura para cetáceos em geral, e de grande importância na definição de áreas prioritárias para a conservação.

## REFERÊNCIAS

- Anderwald, P., Evans, P. G., Dyer, R., Dale, A., Wright, P. J., & Hoelzel, A. R. 2012. Spatial scale and environmental determinants in minke whale habitat use and foraging. *Marine Ecology Progress Series*, 450, 259-274.
- Araújo, J. P., Araújo, M. E., Souto, A., Parente, C. L., & Geise, L. 2007. The influence of seasonality, tide and time of activities on the behavior of *Sotalia guianensis* (Van Bénéden)(Cetacea, Delphinidae) in Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24, 1122-1130.
- Araújo, J. P. De, Passavante, J. Z. O., Souto, A. da S. 2003. Behavior of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis* at Dolphin Bay, Rio Grande do Norte, Brazil. *Tropical Oceanography* 31: 101–112.
- Atem, A. C. G., & Monteiro-Filho, E. L. A. 2006. Nocturnal Activity of the Estuarine Dolphin (*Sotalia guianensis*) in the Region of Cananéia, São Paulo State, Brazil. *Aquatic Mammals*, 32(2), 236–241. doi:10.1578/am.32.2.2006.236
- Atkins, D. C., & Gallop, R. J. 2007. Rethinking how family researchers model infrequent outcomes: a tutorial on count regression and zero-inflated models. *Journal of Family Psychology*, 21(4), 726.
- Au, W. W. and Banks, K. 1998. The acoustics of the snapping shrimp *Synalpheus parneomeris* in Kaneohe Bay. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 103(1), pp.41-47.
- Au, W. W. 1993. *The sonar of dolphins*. Springer Science & Business Media.
- Azevedo, A. F., Oliveira, A. M., Viana, S. C., & Van Sluys, M. 2007. Habitat use by marine tucuxis (*Sotalia guianensis*)(Cetacea: Delphinidae) in Guanabara Bay, south-

- eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(1), 201-205.
- Azevedo, A. F., Viana, S. C., Oliveira, A. M., & Van Sluys, M. 2005. Group characteristics of marine tucuxis (*Sotalia fluviatilis*) (Cetacea: Delphinidae) in Guanabara Bay, south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(1), 209-212.
- Azzellino, A., Gaspari, S., Airoidi, S., & Nani, B. 2008. Habitat use and preferences of cetaceans along the continental slope and the adjacent pelagic waters in the western Ligurian Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 55(3), 296-323.
- Barbosa, A. & Mazzer, A. M. 2003. Mudanças geomorfológicas ocorridas na desembocadura no sul do canal do Linguado no período de 1938-1989. *Revista da Univille*, 9(1): 117-124.
- Batista, R. L. G., Alvarez, M. R., S. S. Reis, M., Cremer, M. J., & Schiavetti, A. 2014. Site fidelity and habitat use of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in the estuary of the Paraguaçu River, northeastern Brazil. *North-Western Journal of Zoology*, 10(1).
- Bearzi G., Politi E., Agazzi S., Bruno S., Costa M., Bonizzoni S. 2005. Occurrence and present status of coastal dolphins (*Delphinus delphi* and *Tursiops truncatus*) in the eastern Ionians Sea. *Aquatic conservation: Marine and fresh water ecosystems*. Published online in Wiley Interscience ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)) DOI: 10.1002/aqc.667
- Bearzi M. 2003. Behavioral ecology of the marine mammals of Santa Monica Bay, California. PhD dissertation, University of California, Los Angeles.
- Bearzi, M. 2005. Dolphin sympatric ecology. *Marine Biology Research*, 1(3), 165-175.
- Begon, M., Harper, J. L., & Townsend, C. R. 1986. *Ecology. Individuals, populations and communities*. Blackwell scientific publications.
- Bittencourt L., Carvalho R. R., Lailson-Brito J., Azevedo A. F. 2014. Underwater noise pollution in a coastal tropical environment. *Mar Pollut Bull* 83:331–336
- Bonin, C. A., Lewallen, E. A., Van Wijnen, A. J., Cremer, M. J., & Simões-Lopes, P. C. 2017. Habitat preference and behaviour of the guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) in a well-preserved estuary off Southern Brazil. *Pakistan Journal of Zoology*, 49(6).
- Burgess E. A. 2006. Foraging ecology of common dolphins (*Delphinus sp.*) In the Hauraki Gulf, New Zealand. Albany, Massey University, Master's Dissertation.
- Burnham, K. P. & Anderson, D. R. 2002. *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*. New York: Springer-Verlag., 496 pp.
- Castillo-Rivera, M., Zárate-Hernández, R., Ortiz-Burgos, S., & Zavala-Hurtado, J. 2010. Diel and seasonal variability in the fish community structure of a mud-bottom estuarine habitat in the Gulf of Mexico. *Marine Ecology*, 31(4), 633-642.

- Cato, D. H. and McCauley, R. D., 2002. Australian research in ambient sea noise. *Acoustics Australia*, 30(1), pp.13-20.
- Carvalho, R. R. D. 2013. Análise espaço-temporal do uso do habitat pelo boto-cinza (*Sotalia Guianensis*) na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro.
- Cremer, M. J. 2007. Ecologia e conservação de populações simpátricas de pequenos cetáceos em ambiente estuarino no sul do Brasil. Federal University of Paraná, Brazil.
- Cremer, M. J., Pinheiro, P. C., & Simões-Lopes, P. C. 2012. Prey consumed by Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) and franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Pontoporiidae) in an estuarine environment in southern Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, 102, 131-137.
- Cremer, M. J., Hardt, F. A. S., Tonello-Júnior, A. J., & Simões-Lopes, P. C. 2011. Distribution and status of the Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) population in Babitonga bay, Southern Brazil. *Zoological Studies*, 50(3), 327-337.
- Cremer, M. J., Hardt, F. A. S., Tonello Júnior, A. J., Simões-Lopes, P. C., Pires, J. S. R. 2004. Core areas changes in *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) population in Babitonga Bay, Santa Catarina. *Revta. Univille* 9, 12-16.
- Cremer, M. J., Holz, A. C., Sartori, C. M., Schulze, B., Paitach, R. L., & Simões-Lopes, P. C. 2018. Behavior and ecology of endangered species living together: Long-term monitoring of resident sympatric dolphin populations. *Advances in Marine Vertebrate Research in Latin America: Technological Innovation and Conservation*, 477-508.
- Cressie, N. 1991. *Statistics for spatial data*. New York, John Wiley. 900p.
- Correia, A. M., Gil, Á., Valente, R. F., Rosso, M., Sousa-Pinto, I., & Pierce, G. J. 2020. Distribution of cetacean species at a large scale-Connecting continents with the Macaronesian archipelagos in the eastern North Atlantic. *Diversity and Distributions*, 26(10), 1234-1247.
- Da Silva, V. M. F., et al. 2010. Report of the working group on distribution, habitat characteristics and preferences, and group size. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 8:31–38.
- Daura-Jorge, F. G.; Wedekin, L. L.; Simões-Lopes, P. C. 2004. Variação sazonal na intensidade dos deslocamentos do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), na Baía Norte da Ilha de Santa Catarina. *Biotemas (UFSC)*, 17(1): 203-216
- Daura-Jorge, F. G., Wedekin, L. L., Piacentini, V. D. Q., & Simões-Lopes, P. C. 2005. Seasonal and daily patterns of group size, cohesion and activity of the estuarine dolphin, *Sotalia guianensis* (PJ van Bénédén)(Cetacea, Delphinidae), in southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22, 1014-1021.
- De Boer, M. N., Simmonds, M. P., Reijnders, P. J. H., Aarts, G. 2014. The influence of topographic and dynamic cyclic variables on the distribution of small cetaceans in a shallow coastal system. *PLoS ONE* 9: e86331

- Dolar, M. L. L., Walker, W. A., Kooyman, G. L., & Perrin, W. F. 2003. Comparative feeding ecology of spinner dolphins (*Stenella longirostris*) and Fraser's dolphins (*Lagenodelphis hosei*) in the Sulu Sea. *Marine Mammal Science*, 19(1), 1-19.
- Domit, C. 2010. Ecologia comportamental do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864), no Complexo Estuarino de Paranaguá, estado do Paraná, Brasil (Doctoral dissertation, Thesis, Federal University of Paraná).
- Edwards, H. H., & Schnell, G. D. 2001. Status and ecology of *Sotalia fluviatilis* in the Cayos Miskito Reserve, Nicaragua. *Marine Mammal Science*, 17(3), 445-472.
- Estes, J. A., Heithaus, M., McCauley, D. J., Rasher, D. B., & Worm, B. 2016. Megafaunal impacts on structure and function of ocean ecosystems. *Annual Review of Environment and Resources*, 41, 83-116.
- Fernandes, T. 2005. Distribuição potencial de cetáceos no norte do Estado do Rio de Janeiro, através de informações advindas de pescadores. M.Sc. Thesis. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Brazil. 59 pp.
- Flores, P. A. C., Bazzalo, M., Caballero, S., Santos, M. C. O., Rossi-Santos, M. R., Trujillo, F., Bolaños-Jimenez, J., Cremer, M. J., May-Collado, L. J., Silva, F. J. L., Montiel-Villalobos, M. G., Azevedo, Alexandre Freitas De Freitas, Meirelles, A. C. O., Flach, L., Barrios-Garrido, H., Simões-Lopes, P. C., Cunha, H. A., Van Waerebeek, K. 2010. Proposed English common name for the neotropical delphinid *Sotalia guianensis* (P.-J. Van Beneden, 1864). *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 8: 179–181.
- Flores, P. A. C., da Silva, V. M. F., Fettuccia, D. de C. 2018. Tucuxi and Guiana dolphins. pp. 1024–1027. In Würsig B.G., Thewissen J.G.M., Kovacs, K.M. (eds.), *Encyclopedia of Marine Mammals*. Elsevier
- Flores, P. A. C., & Bazzalo, M. 2004. Home ranges and movement patterns of the marine tucuxi dolphin, *Sotalia fluviatilis*, in Baía Norte, southern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 37-52.
- Franchini, F., Smout, S., Blight, C., Boehme, L., Munro, G., Costa, M., & Heinrich, S. 2020. Habitat partitioning in sympatric delphinids around the Falkland Islands: predicting distributions based on a limited data set. *Frontiers in Marine Science*, 7, 277.
- Froese R. and Pauly D. (eds). 2007. FishBase. World Wide Web electronic publication. <http://www.fishbase.org>, (August 2007 version).
- Gerhardinger, L. C., Herbst, D. F., de Carvalho, F. G., Freitas, R. R., Vila-Nova, D., Cunha, S., Cremer M. J., Pfuetzenreuter A., & Haak, L. 2021. Diagnóstico socioambiental do ecossistema Babitonga. *Revista CEPSUL-Biodiversidade e Conservação Marinha*, 10, e2021002-e2021002.
- Gibran, F. Z., & Moura, R. L. D. 2012. The structure of rocky reef fish assemblages across a nearshore to coastal islands' gradient in Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 10, 369-382.
- Giménez, J., Cañadas, A., Ramírez, F., Afán, I., García-Tiscar, S., Fernández-Maldonado, C., J. J. Castillo & de Stephanis, R. 2017. Intra-and interspecific niche

partitioning in striped and common dolphins inhabiting the southwestern Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 567, 199-210.

Godoy, DF, Andriolo, A., & de Fátima Filla, G. 2015. The influence of the environmental variable on the spatial distribution and habitat of the Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) used in the Lagoon Estuary Complex of Cananéia, southeastern Brazil.

Gowans, S., Würsig, B., & Karczmarski, L. 2007. The Social Structure and Strategies of Delphinids: Predictions Based on an Ecological Framework. *Advances in Marine Biology*, 195–294. doi:10.1016/s0065-2881(07)53003-8

Gratwicke, B., Speight, M. R. 2005. The relationship between fish species richness, abundance and habitat complexity in a range of shallow tropical marine habitats. *J. Fish Biol.* 66, 650-667.

Griffiths S. P. 2001. Diel variation in the seagrass ichthyofaunas of three intermittently open estuaries in south-eastern Australia: implications for improving fish diversity assessments. *Fisheries Management and Ecology*, 8, 123–140.

Hardt, F. A. S., Cremer, M. J., Tonello Jr, A. J., & Simões-Lopes, P. C. A. 2010. Residence patterns of the Guiana dolphin *Sotalia guianensis* in Babitonga Bay, south coast of Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 117-121.

Hastie, T. J. & Tibshirani, R. J. 1990. *Generalized additive models*. Chapman & Hall/CRC, New York/Boca Raton.

Hazen, E. L., Abrahms, B., Brodie, S., Carroll, G., Jacox, M. G., Savoca, M. S., K. L. Scales, William J. S., & Bograd, S. J. 2019. Marine top predators as climate and ecosystem sentinels. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(10), 565-574.

Holz A. C., Dias C. P., Cremer M. J. 2010. Efeito da poluição sonora sobre o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) na Baía da Babitonga. In: Abstracts of the 6° Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão. University of the Region of Joinville, Joinville

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1998. *Proteção e controle de ecossistemas costeiros: manguezal da Baía da Babitonga*. Coleção Meio Ambiente: Série Estudos – Pesca. Brasília: Edições IBAMA, 146p

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria n. 300, de 13 de dezembro de 2022. Diário Oficial da União: Seção 1, p. 75. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2022/P\\_gm\\_mm\\_a\\_300\\_2022\\_reconhece\\_lista\\_nacional\\_spp\\_ameacadas\\_extincao.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2022/P_gm_mm_a_300_2022_reconhece_lista_nacional_spp_ameacadas_extincao.pdf).

Juárez-Hernández, L. G., Tapia-García, M. & Ramírez-Gutiérrez, J. M. 2021. Ictiofauna de la bahía Maguey, Oaxaca, México, y su relación con la estructura del habitat. *Ciencias Marinas*, 47 (4), pp.269-291.

Kiszka, J., Simon-Bouhet, B., Martinez, L., Pusineri, C., Richard, P., & Ridoux, V. 2011. Ecological niche segregation within a community of sympatric dolphins around a tropical island. *Marine Ecology Progress Series*, 433, 273-288.

- La Manna, G., Manghi, M., & Sara, G. 2014. Monitoring the habitat use of common Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) using passive acoustics in a Mediterranean marine protected area. *Mediterranean Marine Science*, 15(2), 327-337.
- Lemos, V. M., Varela Jr, A. S., Schwingel, P. R., Muelbert, J. H., & Vieira, J. P. 2014. Migration and reproductive biology of *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in south Brazil. *Journal of fish biology*, 85(3), 671-687.
- Livingston, R. J. 1976. Diurnal and seasonal fluctuations of organisms in a north Florida estuary. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 4(4), 373-400.
- Lodi, L. 2003. 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-Título não-corrente*, 17(1/2).
- Lundgren, W. J. C., da Silva, J. A. A., & Ferreira, R. L. C. 2017. Accuracy of the kriging error estimate through cross validation. *Floresta e Ambiente*, 24.
- Maciel, I., Belderrain, T., Alves, MAS, & Tardin, R. 2022. Fique aqui, mas fique quieto: os efeitos do ruído antrópico sobre os botos-cinza (*Sotalia guianensis*) no Sudeste do Brasil.
- Mannocci, L., Catalogna, M., Dorémus, G., Laran, S., Lehodey, P., Massart, W., Monestiez, P.,cneut, O. V., Watremez P., Ridoux, V. 2014. Prevendo habitats de cetáceos e aves marinhas em um gradiente de produtividade no giro do Pacífico Sul. *Progress in Oceanography*, 120, 383-398.
- Martins, R. S., & Perez, J. A. A. (2006). Cephalopods and fish attracted by night lights in coastal shallow-waters, off southern Brazil, with the description of squid and fish behavior. *Revista de Etologia*, 8(1), 27-34.
- Meirelles, A. C. O. D. 2014. Ecologia populacional e comportamento do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864), na enseada do Mucuripe, Fortaleza, estado do Ceará.
- Melo, D. M. 2018. Ecologia populacional de *Sotalia guianensis* no complexo estuarino de Canavieiras-Baia, Brasil. Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil. OU Melo, D. M. 2018. TROPICAIS-PPGSAT
- Methven D. A., Haedrich R. L. & Rose G.A. 2001. The fish assemblage of a Newfoundland estuary: diel, monthly, and annual variation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52, 669-687.
- Molina, J. M. B. 2017. Uso de área pelo boto-cinza, *Sotalia guianensis*, no estuário de Cananeia (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Monteiro-Filho, E. L. A., Monteiro, L. R. & Reis, S. F. 2002. Skull shape and size divergence in dolphins of the genus *Sotalia*: a tridimensional morphometric analysis. *J. Mamm.*, vol. 83, no. 1, p. 125-134.
- Nuuttila, H. K., Thomas, L., Hiddink, J. G., Meier, R., Turner, J. R., Bennell, J. D., N. J. C. Tregenza, Evans, P. G. H. 2013. Acoustic detection probability of bottlenose

dolphins, *Tursiops truncatus*, with static acoustic dataloggers in Cardigan Bay, Wales. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(3), 2596–2609. doi:10.1121/1.4816586

Oshima, J. E. D. F., & Santos, M. C. D. O. 2016. Guiana dolphin home range analysis based on 11 years of photo-identification research in a tropical estuary. *Journal of Mammalogy*, 97(2), 599-610.

Oviedo, L., Fernández, M., Herra-Miranda, D., Pacheco-Polanco, J. D., Hernández-Camacho, C. J., & Auriolos-Gamboa, D. 2018. Habitat partitioning mediates the coexistence of sympatric dolphins in a tropical fjord-like embayment. *Journal of Mammalogy*, 99(3), 554-564.

Paitach, R. L., Bortolotto, G. A., Amundin, M., & Cremer, M. J. 2023. Critically endangered franciscana dolphins in an estuarine area: fine-scale habitat use and distribution from acoustic monitoring in Babitonga Bay, southern Brazil. *Marine Ecology Progress Series*, 707, 131-150.

Paitach, R. L. 2015. Ecologia alimentar e espacial da toninha (*Pontoporia blainvillei*) e do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) na Baía da Babitonga, Sul do Brasil.

Paitach, R. L., Simões-Lopes, P. C., & Cremer, M. J. 2017. Tidal and seasonal influences in dolphin habitat use in a southern Brazilian estuary. *Scientia Marina*, 81(1), 49-56.

Paiva, E. G., Salgado Kent, C. P., Gagnon, M. M., McCauley, R., & Finn, H. 2015. Reduced detection of Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in an inner harbour channel during pile driving activities. *Aquat. Mamm*, 41(4), 455-468.

Parizzi, R. A., Souza-Conceição, J. M., Lorenzi, L., Mira, G., Oortman, M., Conrath, G., & Bieger, E. 2013. Variação sazonal do fitoplâncton e parâmetros ambientais no Canal do Rio Palmital, Baía da Babitonga, Sul do Brasil. *Ciência e Natura*, 35 (2), 41-53.

Pereira, G. W., Valente, D. S. M., Queiroz, D. M. D., Coelho, A. L. D. F., Costa, M. M., Grift, T. 2022. Smart-Map: An Open-Source QGIS Plugin for Digital Mapping Using Machine Learning Techniques and Ordinary Kriging. *Agronomy*, 12, 1350. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061350>

Pianka E. R. 1974. Niche overlap and diffuse competition. *Proc Natl Acad Sci USA* 71:2141–2145

Powell, R. A., & Mitchell, M. S. 2012. What is a home range?. *Journal of mammalogy*, 93(4), 948-958.

Radford, C. A., Jeffs, A. G., Tindle, C. T., & Montgomery, J. C. 2008. Temporal patterns in ambient noise of biological origin from a shallow water temperate reef. *Oecologia*, 156, 921-929.

Ramcharitar, J., Gannon, D. P. & Popper, A. N. 2006. Bioacoustics of fishes of the family Sciaenidae (croakers and drums). *Transactions of the American Fisheries Society*, 135(5), pp.1409-1431.

Ramos, R. M. A., Di Benedetto, A. P. M., Siciliano, S.; Santos, M. C. O., Zerbini, A. N., Vicente, A. F. C., Zampirolli, E., Alvarenga, F. S., Frangoso, A. B., Laison-Brito, J., Azevedo, A. F., Barbosa, L., Lima, N. R. W. 2010. Morphology of the Guiana Dolphin (*Sotalia guianensis*) off Southeastern Brazil: growth and geographic variation. *The Latin American Journal of Aquatic Mammals*, v. 8, n. 1-2, p. 137-149.

R Development Core Team, 2020 R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Roman, J., Estes, J. A., Morissette, L., Smith, C., Costa, D., McCarthy, J., J. B. Nation, Stephen N., A. Pershing & Smetacek, V. 2014. Whales as marine ecosystem engineers. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(7), 377-385.

Roper, C.F.E. & R.E. Young. 1975. Vertical distribution of pelagic cephalopods. *Smithson. Contrib. Zool. No. 209*: 1-51.

Ross, P. S., Barlow, J., Jefferson, T. A., Hickie, B. E., Lee, T., MacFarquhar, C., ... & Yang, S. C. (2011). Ten guiding principles for the delineation of priority habitat for endangered small cetaceans. *Marine Policy*, 35(4), 483-488.

Rossi-Santos, M. R., Wedekin, L. L., & Monteiro-Filho, E. D. A. 2010. Habitat use of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae), in the Caravelas River estuary, eastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 111-116.

Santos, M. D. O., & Rosso, S. 2007. Ecological aspects of marine tucuxi dolphins (*Sotalia guianensis*) based on group size and composition in the Cananéia estuary, southeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 71-82.

Santos, U. A. dos, Alvarez, M. R., Schilling, A. C., Strenzel, G. M. R., Le Pendu, Y. 2010. Spatial distribution and activities of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae) in Pontal Bay, Ilhéus, Bahia, Brazil. *Biota Neotropica* 10: 67–73

Schoener, T. W. 1974. Resource Partitioning in Ecological Communities. *Science*, 185(4145), 27–39. doi:10.1126/science.185.4145.27

Schulze, B. 2012. Estimativa populacional e área de vida do boto-ciza, *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae), na Baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil.

Simao, S. M., Poletto, F. R., 2012. Areas preferenciais de pesca e dieta do ecótipo marinho do boto-cinza (*Sotalia fluviatilis*) na Baía de Sepetiba, RJ. *Floresta Ambiente* 9, 18e25.

Tardin, R. H., Espécie, M. A., Nery, M. F., D'Azeredo, F. T., & Simão, S. M. 2011. Coordinated feeding tactics of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in Ilha Grande Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Zoologia (curitiba)*, 28, 291-296.

Tardin, R. H., Maciel, I. S., Espécie, M. A., Melo-Santos, G., Simao, S. M., & Alves, M. A. S. 2020. Modelling habitat use by the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, in south-eastern Brazil: Effects of environmental and anthropogenic variables, and the



adequacy of current management measures. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30(4), 775-786.

Tregenza, N., Dawson, S., Rayment, W., & Verfuss, U. 2016. Listening to Echolocation Clicks with PODs. *Listening in the Ocean*, 163–206. doi:10.1007/978-1-4939-3176-7\_7

Torres, L. G. 2009. A kaleidoscope of mammal, bird and fish: habitat use patterns of top predators and their prey in Florida Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 375, 289-304.

Verfuß, U. K., Honnef, C. G., Meding, A., Dähne, M., Mundry, R. & Benke, H. 2007. Geographical and seasonal variation of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) presence in the German Baltic Sea revealed by passive acoustic monitoring. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 87: 165 – 176.

Verfuß, U. K., Miller, L. A. & Schnitzler, H. U. 2005. Spatial orientation in echolocating harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Journal of Experimental Biology*, 208, 3385–3394.

Vieira, C. V., Horn Filho, N. O., Bonetti, C. V. D. H., Bonetti, J. 2008. Caracterização morfossedimentar e setorização do complexo estuarino da baía da Babitonga/SC. *Boletim Paranaense de Geociências* 62-63, 85-105.

Wedekin, L. L., Daura-Jorge, F. G., Simoes-Lopes, P. C. 2010. Habitat preferences of Guiana dolphins, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae), in Norte Bay, southern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 90: 1561–1570.

Wang Z. T., Nachtigall P. E., Akamatsu T., Wang K. X., Wu Y. P., J. C. Liu, G. Q. Duan, H. J. Cao, D. Wang. 2015. Passive Acoustic Monitoring the Diel, Lunar, Seasonal and Tidal Patterns in the Biosonar Activity of the Indo-Pacific Humpback Dolphins (*Sousa chinensis*) in the Pearl River Estuary, China. *PLOS ONE* 10(11): e0141807. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141807>

Wisniewska, D. M., Johnson, M., Teilmann, J., Rojano-Donate, L., Shearer, J., Sveegaard, S., ... & Madsen, P. T. 2016. Ultra-high foraging rates of harbor porpoises make them vulnerable to anthropogenic disturbance. *Current Biology*, 26(11), 1441-1446.

Wood, S. N. 2017. *Generalized Additive Models: An Introduction with R* (2nd ed.). CRC Press.

Zein, B., Woelfing, B., Dähne, M., Schaffeld, T., Ludwig, S., Rye, J. H., J. Baltzer, A. Ruser & Siebert, U. 2019. Time and tide: Seasonal, diel and tidal rhythms in Wadden Sea Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Plos one*, 14(3), e0213348.

## APÊNDICE A

Apêndice A.1 - Equações das retas de regressão para validação dos modelos dos semivariogramas.

Variável	Modelo	Valores da reta de regressão
Inverno	Linear	$y = 0,834x + 0,740$
Inverno - madrugada	Linear	$y = 0,884x + 0,172$
Inverno - manhã	Linear	$y = 0,865x + 0,147$
Inverno - tarde	Linear	$y = 0,345x + 0,589$
Inverno - noite	Linear	$y = 0,876x + 0,138$
Primavera	Linear com patamar	$y = 0,850x + 0,724$
Primavera - madrugada	Linear	$y = 0,805x + 0,270$
Primavera - manhã	Linear	$y = 0,655x + 0,448$
Primavera - tarde	Linear	$y = 0,502x + 0,546$
Primavera - noite	Linear	$y = 0,710x + 0,378$

Apêndice A.2 – Parâmetros e valores p estimados para o modelo final construído para explicar o uso de habitat do *Sotalia guianensis* na Baía Babitonga – Santa Catarina, Brasil. As variáveis preditoras foram a (1) profundidade máxima, (2) presença da *Pontoporia Blainvillei*, (3) hora do dia e (4) distância da margem.

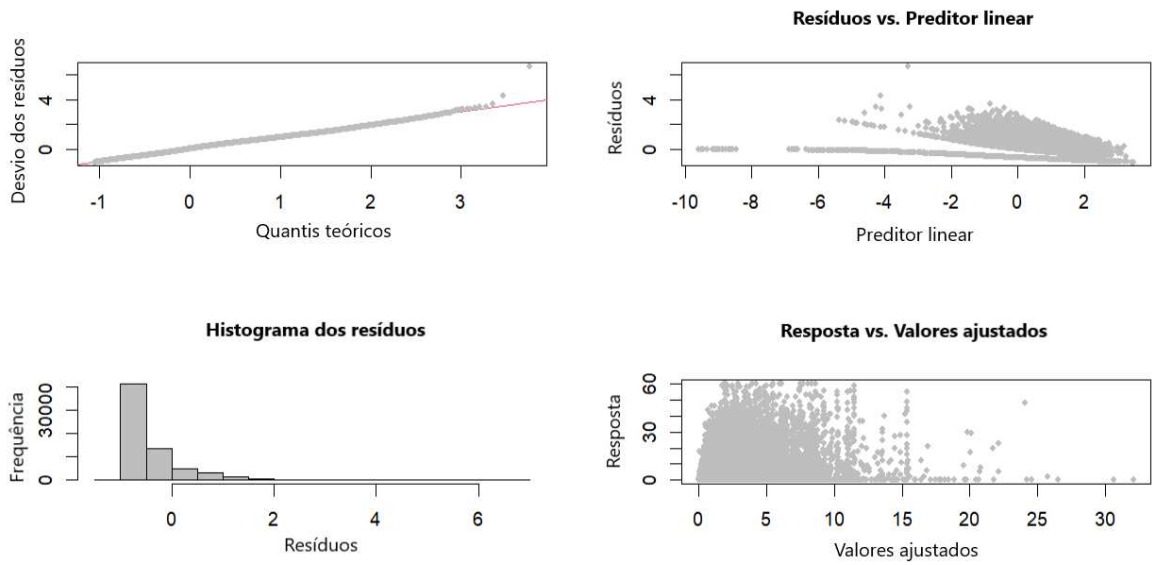
	Estimate	p-value
(Intercept)	-0.3527	0.284
Profundidade Máxima	7.506	< 2e-16 ***
Presença de <i>Pontoporia blainvillei</i>	7.678	< 2e-16 ***
Hora do dia	7.690	< 2e-16 ***
Distância da margem	6.292	0.00138 **

Apêndice A.3 - Modelos e seus valores AIC e DELTA AIC organizados em suas respectivas rodadas de seleção. As variáveis foram abreviadas para: Profundidade máxima (dmax), Profundidade mínima (dmin), Profundidade média (dmea), Amplitude de profundidade (dran), Declividade máxima (slma), Declividade média (slme), Índice de complexidade topográfica (tci), Aspecto (asp), Proporção de matéria orgânica (org), Proporção de carbonato (Carb), Tipo de sedimento (sed), Distância de margem (mdist), Tipo de margem mais próxima (nemar), Estado da maré (tist), Tipo de maré (tipy), Período do dia (dper), Estação do ano (sea), Hora do dia (hr), Mês (mo), e Presença de *Pontoporia blainvillei* (Pb). As variáveis ponto (point) e localização geográfica (UTMY e UTMX) foram adicionadas compulsoriamente para lidar com a correlação especial dos dados.

Rodada 1		
MODELO	AIC	DELTA AIC
dmax	135415,9	374,9
Pb	135453,9	412,9
hr	135518,0	477,0
dran	135528,2	487,2
dper	135551,6	510,6
slma	135587,7	546,7
tci	135605,6	564,6
dmin	135606,2	565,2
mdist	135624,3	583,3
slme	135637,6	596,6
sed	135651,5	610,5
sea	135658,3	617,3
nemar	135662,6	621,6
tipy	135674,7	633,7
mo	135678,5	637,5
tist	135680,4	639,4
dmea	135700,3	659,3
Rodada 2		
MODELO	AIC	DELTA AIC
dmax + Pb	135214,1	173,1
dmax + hr	135282,6	241,6
dmax + dper	135320,9	279,9
dmax + mdist	135396,1	355,1
dmax + Sea	135420,2	379,2
dmax + Sed	135420,2	379,2
dmax + Nemar	135421,9	380,9
dmax + Tci	135423,5	382,5
dmax + Tipy	135428,9	387,9
dmax + Tist	135435,3	394,3

dmax + mo	135441,9	400,9
dmax + Slma	135495,7	454,7
dmax + dmin	135497,2	456,2
<b>Rodada 3</b>		
<b>MODELO</b>	<b>AIC</b>	<b>DELTA AIC</b>
dmax + Pb + hr	135077,4	36,4
dmax + Pb + dper	135155,8	114,8
dmax + Pb + Mdist	135187,9	146,9
dmax + Pb + sed	135205,4	164,4
dmax + Pb + tci	135220,6	179,6
dmax + Pb + nemar	135221,7	180,7
dmax + Pb + tist	135223,7	182,7
dmax + Pb + sea	135228,2	187,2
dmax + Pb + mo	135241,6	200,6
dmax + Pb + tipy	135252,4	211,4
dmax + Pb + Slma	135262,6	221,6
dmax + Pb + dmin	135278,7	237,7
<b>Rodada 4</b>		
<b>MODELO</b>	<b>AIC</b>	<b>DELTA AIC</b>
dmax + Pb + hr + Mdist	135041,0	0,0
dmax + Pb + hr +Tist	135066,4	25,4
dmax + Pb + hr + Slma	135069,5	28,5
dmax + Pb + hr + sea	135078,4	37,4
dmax + Pb + hr + nemar	135082,7	41,7
dmax + Pb + hr + sed	135084,6	43,6
dmax + Pb + hr + tci	135085,1	44,1
dmax + Pb + hr + tipy	135086,6	45,6
dmax + Pb + hr + mo	135092,9	51,9
dmax + Pb + hr + dmin	135140,7	99,7

Apêndice A.4 - Gráficos diagnósticos de ajuste do modelo final selecionado (Sg.DPM ~ dmax + Pb + hr + mdist).



#### Apêndice A.5 - Gráficos diagnósticos da função de autocorrelação (AFC).

