



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - CAMPUS DO LITORAL PAULISTA**

NATÁLIA BEATRIZ DE MENDONÇA SANTOS

**OCORRÊNCIA DOS PINGUINS-DE-MAGALHÃES *Spheniscus magellanicus*
(FORSTER, 1781) NO LITORAL ENTRE OS ESTADOS DE SANTA CATARINA E
RIO DE JANEIRO SOB PADRÕES DE PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA NA
PLATAFORMA CONTINENTAL SUL E SUDESTE DO BRASIL**

SÃO VICENTE

2021

NATÁLIA BEATRIZ DE MENDONÇA SANTOS

**OCORRÊNCIA DOS PINGUINS-DE-MAGALHÃES *Spheniscus magellanicus*
(FORSTER, 1781) NO LITORAL ENTRE OS ESTADOS DE SANTA CATARINA E
RIO DE JANEIRO SOB PADRÕES DE PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA NA
PLATAFORMA CONTINENTAL SUL E SUDESTE DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Campus do Litoral Paulista, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, habilitação em Biologia Marinha.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Fioravanti Carelli Fontes.

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Silvestre Martins.

SÃO VICENTE

2021

S237o

Santos, Natália Beatriz de Mendonça

Ocorrência dos pinguins-de-Magalhães *Spheniscus magellanicus* (Forster, 1781) no litoral entre os estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro sob padrões de produtividade primária na plataforma continental sul e sudeste do Brasil / Natália Beatriz de Mendonça Santos. -- São Vicente, 2021

52 f. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, São Vicente

Orientador: Roberto Fioravanti Carelli Fontes

Coorientador: Rodrigo Silvestre Martins

1. Pinguins. 2. Migração de aves. 3. Produtividade primária. 4. Plataforma continental. 5. Python (Linguagem de programação de computador). I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, São Vicente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

À minha família e a esses incríveis animais que são
os pinguins-de-Magalhães.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais, Lúcia e Adelmo, por serem tão pacientes, por me darem todo o suporte necessário e por me incentivarem a continuar estudando e me qualificando, mesmo nos momentos mais conturbados.

Ao Daniel, por estar ao meu lado tanto nas horas boas quanto nas não tão boas, me apoiando e me motivando a seguir em frente, sempre com muita sensatez, empatia e alto-astral.

Ao Bob e ao Laboratório de Oceanografia Costeira, pelo refinamento da ideia, direcionamentos, orientações e valiosa ajuda no processamento dos dados. Professor, sem o seu auxílio, definitivamente, o trabalho não teria caminhado!

Ao Prof. Dr. Rodrigo Silvestre Martins, pelas críticas e sugestões propostas ao longo do desenvolvimento do estudo.

À Prof. Dra. Carolina Pacheco Bertozzi, pelas críticas e sugestões propostas durante a avaliação do CIC, ocorrido anteriormente neste mesmo ano. Seus apontamentos foram de grande valor para o aprimoramento do presente trabalho.

A todo o corpo docente do Bacharelado em Ciências Biológicas, do Instituto de Biociências, Campus Litoral Paulista, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", pelos conhecimentos repassados durante toda a trajetória trilhada na graduação.

Agradeço imensamente a todos.

“A natureza não faz nada em vão.”

Aristóteles

RESUMO

Endêmico da Patagônia, o pinguim-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*) migra para o norte durante o inverno austral, alcançando o litoral brasileiro, até o Rio de Janeiro (21°S). Na mesma época, a anchoíta (*Engraulis anchoita*), pequeno peixe pelágico endêmico da mesma região, até Cabo de São Tomé (22°S), também migra setentrionalmente, a fim de se reproduzir. Fortes evidências indicam que *S. magellanicus* segue anualmente os cardumes de *E. anchoita*, já que esse pescado é um dos principais componentes de sua dieta. O padrão de massas d'água, acaba por interferir nos padrões de produtividade primária (PP) ao longo de toda a plataforma continental, apresentando índices distintos, a depender da localidade e época do ano. Esse acontecimento certamente interfere na distribuição dos cardumes de anchoítas e, conseqüentemente, na distribuição dos pinguins. Ao atingir a costa do Brasil, severamente debilitados devido ao imenso esforço físico despendido no ato migratório, esses animais acabam encalhando em praias. O Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos, mantido pela PETROBRAS, atua no monitoramento dessas ocorrências. O presente estudo compilou dados sobre as ocorrências dos pinguins-de-Magalhães no litoral entre os Estados de Santa Catarina e do Rio de Janeiro, de 2015 a 2020 e correlacionou tais incidências com os índices de PP registradas ao longo da plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste, para o mesmo período. O processamento dos dados foi realizado no software *Python*, por meio do modelo de aprendizagem *Gradient Boosting Regressor*. Um total de 25.813 ocorrências foram registradas, a maioria oriunda de Santa Catarina (n = 15.751). O Paraná registrou a maior taxa de ocorrência geral (40,18 pinguins^{-km}) e por ano (7,44 pinguins/km/ano). O ano de maior incidência foi 2018 (n = 12.044). A maioria dos animais ocorreu durante o inverno (n = 22.572), a maior parte em setembro (n = 8.112). De janeiro a maio somente 0,3% do total foi contabilizado (n = 74). A maioria eram de juvenis (n = 21.708) e 91,5% já estavam mortos no momento do resgate (n = 23.626). A *feature* mais significativa para as ocorrências em Santa Catarina foi o “setor 1” (*lag* = 4 meses); para o Paraná foi o “setor 10” (*lag* = 0 meses); para São Paulo foi o “setor 8” (*lag* = 3 meses) e para o Rio de Janeiro foi o “setor 5” (*lag* = 3 meses). Em todos os setores mais significativos para cada estado, os índices de PP são mais elevados antes do inverno, exceto para o Paraná. O pico de PP coincide com a época de cuidados parentais e muda da plumagem dos pinguins. Possivelmente, a predação é extremamente reduzida e nesta época os estoques de anchoíta se elevam, voltando a serem predados durante o inverno, conferindo uma dinâmica presa-predador de Lotka-Volterra. Foi realizada ainda uma previsão de ocorrências para 2021, cujo resultado foi coerente com o padrão já esperado, sendo o modelo útil para a conservação da espécie. A inclusão de variáveis ambientais no modelo (temperatura e salinidade) e extensão do conjunto de dados futuros deverão melhorar o treinamento do modelo, bem como melhor interpretação de cada *feature* nas ocorrências de cada estado.

Palavras-chave: Pinguins; Migração de aves; Produtividade primária; Plataforma continental; *Python* (Linguagem de programação de computador).

ABSTRACT

Endemic to the Patagonia, the Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) migrates northward during the austral winter, reaching the Brazilian coast up to the Rio de Janeiro (21°S). At the same time, the anchoita (*Engraulis anchoita*), a small pelagic fish endemic to the same region up to the Cabo de São Tomé (22°S), also migrates northward in order to reproduce. Strong evidence suggests that *S. magellanicus* annually follows the schools of *E. anchoita*, as this fish is one of the main components of its diet. The pattern of water masses ends up interfering with the primary productivity (PP) patterns along the entire continental shelf, presenting different rates depending on the location and time of year. This event certainly interferes in the distribution of schools of anchoites and, consequently, in the distribution of penguins. Upon reaching the coast of Brazil, severely weakened due to the immense physical effort expended in the migratory act, these animals end up running aground on the beaches. The Santos Basin Beach Monitoring Project, maintained by PETROBRAS, monitors these events. The present study compiled data on occurrences of Magellanic penguins on the coast between the States of Santa Catarina and Rio de Janeiro, from 2015 to 2020 and correlated such incidences with PP rates recorded along the continental shelf of the Atlantic Ocean Southwest, for the same period. Data processing was performed in Python software, using the Gradient Boosting Regressor learning model. A total of 25,813 occurrences was registered, most from Santa Catarina (n = 15,751). Paraná recorded the highest overall occurrence rate (40.18 penguins^{km}) and per year (7.44 penguins/km/year). The year with the highest incidence was 2018 (n = 12,044). Most animals occurred during the local winter (n = 22,572), most in September (n = 8,112). From January to May only 0.3% of the total was accounted for (n = 74). Most were juveniles (n = 21,708) and 91.5% were already dead at the time of rescue (n = 23,626). The most significant feature for the occurrences in Santa Catarina was “sector 1” (lag = 4 months); for Paraná it was “sector 10” (lag = 0 months); for São Paulo it was “sector 8” (lag = 3 months) and for Rio de Janeiro it was “sector 5” (lag = 3 months). In each one of the states’ most significant sectors, the PP indexes are higher before winter, except for Paraná. The PP peak coincides with the time of parenting and changes in penguin plumage. Possibly, predation is extremely reduced and, at this time, the anchoite stocks increase, returning to be predated during the winter, giving a Lotka-Volterra prey-predator dynamic. A prediction of occurrences for 2021 was also carried out, the result of which was consistent with the expected pattern, being the useful model for the conservation of the species. The inclusion of environmental variables (temperature and salinity) and the extension of the future database must improve the model’s training and also the interpretation of each feature in the occurrences of each state.

Keywords: Penguins; Birds migration; Primary productivity; Continental shelf; Python (Computer program language).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1. Zona de endemismo e nidificação de <i>Spheniscus magellanicus</i> na região da Patagônia, em marrom mais escuro e marrom intermediário; em marrom mais claro indica o alcance migratório. Fonte: IUCN, 2020..... | 13 |
| Figura 2. Indivíduos (a) juvenil e (b) adulto de <i>Spheniscus magellanicus</i> . Fotos: Gustavo Dutra, 2016..... | 14 |
| Figura 3. Indivíduo de <i>Engraulis anchoita</i> . Foto: FISHBASE, 2021..... | 16 |
| Figura 4. Zona de ocorrência de <i>Engraulis anchoita</i> . O gradiente de cor indica a probabilidade de ocorrência: vermelho mais escuro 80 a 100%; amarelo mais claro 1 a 19%. Fonte: AQUAMAPS, 2019..... | 17 |
| Figura 5. Localização do litoral contido entre os municípios de Laguna e Saquarema, desde o Estado de Santa Catarina até o Estado do Rio de Janeiro, com as extensões demarcadas de cada trecho monitorado. Fonte: PETROBRAS, 2021..... | 27 |
| Figura 6. (a) Circulação no Oceano Atlântico Sul, sobreposta à (b) zona de ocorrência de <i>Spheniscus magellanicus</i> , no Oceano Atlântico Sudoeste. Fonte: PETERSON & STRAMMA, 1991; IUCN, 2020..... | 29 |
| Figura 7. Setores da plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste. Fonte: Figura da autora..... | 30 |
| Figura 8. Esquema simplificado demonstrando o funcionamento do modelo de árvore de decisões <i>Gradient Boosting Regressor</i> . Fonte: PAL, 2020..... | 31 |
| Gráfico 1. Números totais de pinguins resgatados pelo PMP-BS por ano. Fonte: Figura da autora..... | 33 |
| Gráfico 2. Números totais de pinguins resgatados pelo PMP-BS por mês. Fonte: Figura da autora..... | 33 |
| Gráfico 3. <i>Features</i> mais significativas para os estados de (a) Santa Catarina, (b) Paraná, (c) São Paulo e (d) Rio de Janeiro. No eixo x, 0,0 = 0% e 1,0 = 100%. Fonte: Figuras da autora..... | 36 |
| Gráfico 4. Correlação cruzada entre as ocorrências e as <i>features</i> mais significativas para os estados de (a) Santa Catarina, (b) Paraná, (c) São Paulo e (d) Rio de Janeiro. O eixo horizontal representa o <i>lag</i> (em meses) onde a correlação é avaliada (eixo vertical). As correlações significativas correspondem aos valores com <i>lag</i> positivos. Fonte: Figuras da autora..... | 37 |
| Gráfico 5. Ocorrências sobrepostas aos índices de produtividade primária nos principais setores referentes aos estados de (a) Santa Catarina, (b) Paraná, (c) São Paulo e (d) Rio de Janeiro. Fonte: Figuras da autora..... | 39 |
| Gráfico 6. Previsão de ocorrências, ocorrências realmente observadas e previsão para o ano de 2021 nos estados de (a) Santa Catarina e (b) Paraná. Fonte: Figuras da autora..... | 41 |
| Gráfico 7. Previsão de ocorrências, ocorrências realmente observadas e previsão para o ano de 2021 nos estados de (a) São Paulo e (b) Rio de Janeiro. Fonte: Figuras da autora..... | 42 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Instituições executoras do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS) e seus respectivos trechos atendidos. Fonte: PETROBRAS, 2019..... | 28 |
| Tabela 2. Números de pinguins resgatados pelo PMP-BS por estados por ano..... | 32 |
| Tabela 3. Quantificação de pinguins resgatados pelo PMP-BS por meses a cada ano..... | 34 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 1.1. Classificação taxonômica e o endemismo de <i>Spheniscus magellanicus</i> | 12 |
| 1.2. Biologia e ecologia de <i>Spheniscus magellanicus</i> | 13 |
| 1.3. Hábitos alimentares de <i>Spheniscus magellanicus</i> | 15 |
| 1.4. Biologia e ecologia de <i>Engraulis anchoita</i> | 16 |
| 1.5. Massas d'água na plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste..... | 18 |
| 1.5.1. Água Tropical (AT)..... | 19 |
| 1.5.2. Água Central do Atlântico Sul (ACAS)..... | 19 |
| 1.5.3. Água Subantártica (AS)..... | 20 |
| 1.5.4. Água da Pluma do Plata (APP)..... | 21 |
| 1.6. Produtividade primária na plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste.... | 22 |
| 1.7. Ocorrência de <i>Spheniscus magellanicus</i> na costa brasileira..... | 24 |
| 2. JUSTIFICATIVA..... | 25 |
| 3. OBJETIVOS..... | 26 |
| 3.1. Objetivo Geral..... | 26 |
| 3.2. Objetivos Específicos..... | 26 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 27 |
| 4.1. Área de estudo..... | 27 |
| 4.2. Coleta e tratamento dos dados..... | 29 |
| 4.2.1. Dados de ocorrências..... | 29 |
| 4.2.2. Dados de produtividade primária..... | 30 |
| 4.2.3. Análises e <i>Modelo Machine Learning</i> | 31 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 32 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 43 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 45 |

1. INTRODUÇÃO

Diversas aves apresentam comportamento migratório durante seu ciclo de vida anual, seja por conta de variações nas condições climáticas, ou em busca do sucesso no forrageamento. Os indivíduos da espécie *Spheniscus magellanicus*, conhecidos popularmente como pinguins-de-Magalhães, compõem um grupo de aves costeiras marinhas que realiza migração anual durante o inverno, logo após os juvenis alcançarem a independência com relação aos cuidados parentais (BOERSMA & WILLIAMS, 1995; FOWLER & CUBAS, 2001).

Apresentando endemismo na região patagônica argentina, onde nidificam nas regiões costeiras, tanto os indivíduos adultos quanto os jovens realizam a sua migração anual rumo ao norte, sobre as águas da plataforma continental (BOERSMA & WILLIAMS, 1995; FALABELLA *et al.*, 2009). Com isso, elevado número de pinguins conseguem chegar até a costa brasileira, principalmente no litoral do estado do Rio Grande do Sul (SICK, 1997). No entanto, sua ocorrência se estende até o litoral do Rio de Janeiro, com excepcionalidades registradas no litoral da região Nordeste, no ano de 2008 (ROSS, 2008).

Durante a mesma época do ano, a população bonaerense de *Engraulis anchoita*, denominada vulgarmente como anchoíta argentina e principal item alimentar na dieta do pinguim-de-Magalhães, também realiza migração em direção ao norte, rumo ao Brasil (FRERE *et al.*, 1996; HANSEN, 2004). Este evento compõe o comportamento de reprodução da anchoíta, em que a espécie se desloca setentrionalmente durante o inverno para realizar a desova e criação da prole (MADUREIRA & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2005).

Portanto, há evidências de que o ato migratório do pinguim-de-Magalhães esteja associado à migração de sua presa. A dinâmica de distribuição da anchoíta sofre forte influência de fatores oceanográficos, tais como padrões de massas d'água e produtividade primária na plataforma continental, com oscilações nos padrões da Corrente das Malvinas e Corrente do Brasil, somado ainda à intrusão da pluma do rio de La Plata no sistema (SEELIGER *et al.*, 1998; COSTA *et al.*, 2016).

Dependendo do cenário estabelecido, o ambiente ao norte da Patagônia se torna altamente favorável para excedentes de migração de *E. anchoita*, devido às condições de alta produtividade primária nas águas (COSTA *et al.*, 2016). Sendo assim, certamente, estes

fatores também exercem influência na distribuição de *S. magellanicus* ao longo da costa leste da América do Sul (MARQUES *et al.*, 2018).

A partir deste panorama, o presente trabalho explora a temática exposta, estabelecendo uma conexão entre eventos de migração do pinguim-de-Magalhães e índices de produtividade primária na plataforma continental da Argentina e do sudeste e sul do Brasil. Será debatido ainda a correlação destes com as ocorrências dos indivíduos de *S. magellanicus* na costa do litoral entre os estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro, durante um período de seis anos (2015 a 2020).

1.1. Classificação taxonômica e o endemismo de *Spheniscus magellanicus*

Pertencente à ordem dos Sphenisciformes, os pinguins são aves marinhas representadas por uma única família, Spheniscidae. Essa família é composta por seis gêneros, a saber: *Megadyptes*, *Eudyptula*, *Aptenodytes*, *Pygoscelis*, *Eudyptes* e *Spheniscus*, contabilizando 17 espécies existentes. Os últimos quatro gêneros citados apresentam, juntos, dez espécies endêmicas da América do Sul (FOWLER & CUBAS, 2001).

Quatro espécies compõem o gênero *Spheniscus*, são elas: *S. demersus* (pinguim-africano), *S. humboldti* (pinguim-de-Humboldt), *S. mendiculus* (pinguim-de-Galápagos) e *S. magellanicus* (pinguim-de-Magalhães – alvo do presente estudo). Excetuando-se *S. demersus*, os demais são endêmicos da América do Sul. Enquanto os outros cinco gêneros nidificam em ilhas oceânicas, observa-se somente neste o comportamento de nidificação em áreas continentais (FOWLER & CUBAS, 2001).

O pinguim-de-Magalhães é endêmico da região da Patagônia, desde a costa da comuna de Algarrobo, no Chile (33°36'79"S; 71°70'45"O), até a costa central da província do Río Negro (39°70'39"S; 71°84'04"O), na Argentina, sendo ainda abrangidas as Ilhas Malvinas – também denominadas Ilhas Falklands (51°70'S; 68°48'O). Portanto, *S. magellanicus* nidifica tanto na costa pacífica quanto na costa atlântica da Patagônia (BOERSMA & WILLIAMS, 1995; SIMEONE *et al.*, 2003; FALABELLA *et al.*, 2009).

Identificou-se uma quantia superior a 63 colônias de nidificação na região patagônica, estimando-se que apenas 16% da população total do pinguim-de-Magalhães nidifica na costa chilena. Enquanto isso, 65% o faz na costa continental da Argentina, 11% na região da Terra do Fogo e 8% na costa das Ilhas Malvinas/Falklands (FALABELLA *et al.*, 2009).

Assim, as 13 principais colônias se encontram na costa do Oceano Atlântico, em Ilha Martillo (54°54'S; 67°23'O), Cabo Vírgenes (52°22'S; 68°24'O), Monte León (50°22'S; 68°53'O), San Julián (49°17'S; 67°42'O), Puerto Deseado (47°45'S; 65°55'O), Bahía Bustamante (45°08'S; 66°32'O), Cabo dos Bahías (44°54'S; 65°32'O), Punta Lobería (44°35'S; 65°23'O), Punta Tombo (44°02'S; 65°11'O), La Ernestina (35°16'S; 59°34'O), Península de San Luís (51°27'S; 58°08'O), Punta Voluntario (51°28'S; 57°50'O) e Ilha de Goicoechea (51°43'S; 61°18'O) (FALABELLA *et al.*, 2009).

Estima-se que a população total da espécie seja de 1,1 a 1,6 milhões de pares, equivalendo de 2,2 a 3,2 milhões de indivíduos maduros. Aproximadamente, 900 mil casais procriam ao longo da costa argentina, enquanto considera-se a estimativa máxima de 500 mil casais reproduzindo na costa chilena (BOERSMA *et al.*, 2015).

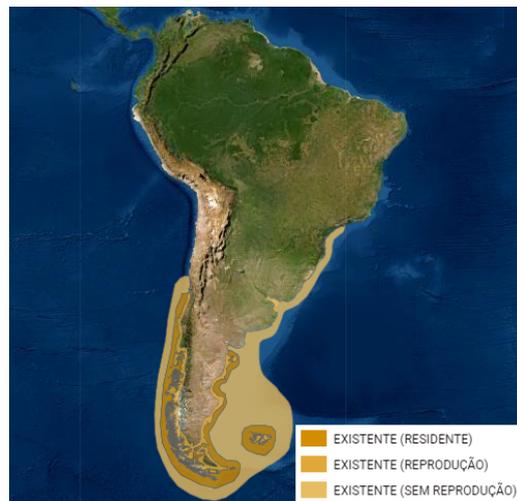


Figura 1. Zona de endemismo e nidificação de *Spheniscus magellanicus* na região da Patagônia, em marrom mais escuro e marrom intermediário; em marrom mais claro indica o alcance migratório. Fonte: IUCN, 2020.

1.2. Biologia e ecologia de *Spheniscus magellanicus*

Apresentando uma morfologia excepcional para o nado e o mergulho, o pinguim-de-Magalhães possui um par de asas modificado em nadadeiras, que o incapacita a alçar voo, mas o faz ser altamente adaptado ao ambiente pelágico. Presença de patas com membranas interdigitais, ossos não-pneumáticos e corpo fusiforme são características que os favorecem durante a atividade natatória (BOERSMA & WILLIAMS, 1995).

Com uma postura ereta verticalmente em terra, os indivíduos exibem altura média entre 65 e 70 centímetros, massa corpórea ao redor de 1,2 quilos quando juvenis, atingindo

entre 4 e 5 quilos quando na fase adulta. Sua expectativa de vida é de oito a dez anos em vida livre, com maturidade sexual entre os quatro e cinco anos nas fêmeas e por volta dos seis e sete anos nos machos (NACINOVIC, 2005; VOOREN & ILHA, 1995; VENEGAS, 1999).

Os indivíduos juvenis possuem coloração negra acinzentada no dorso, partes externa das asas e partes frontal, posterior e superior da cabeça, ao passo que apresentam coloração branca na região ventral e partes internas das asas; apresenta ainda uma listra branca ao redor da região facial, pouco definida. Quando adultos, sua coloração acinzentada dá lugar a um negro escuro e há uma melhor delimitação do seu padrão de cor, formando ainda uma listra branca que contorna a região do tórax e ventral (VOOREN & ILHA, 1995).

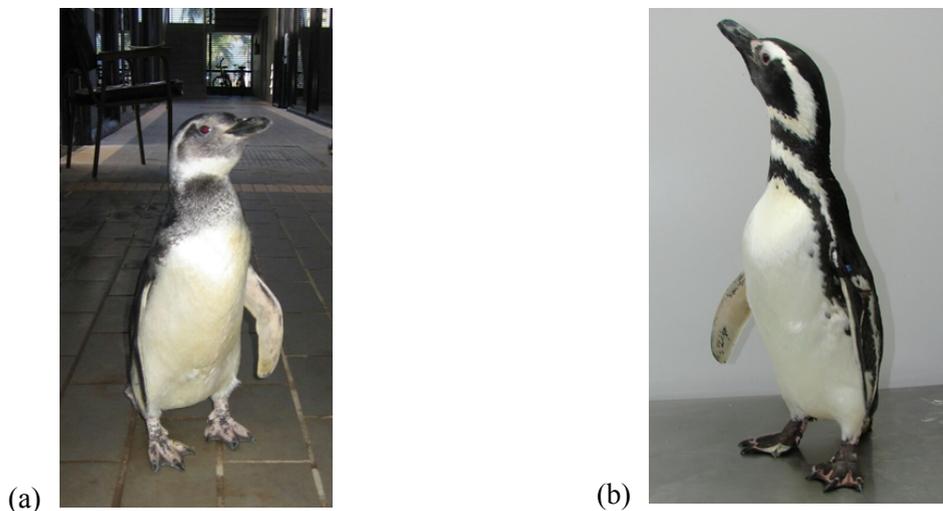


Figura 2. Indivíduos (a) juvenil e (b) adulto de *Spheniscus magellanicus*. Fotos: Gustavo Dutra, 2016.

O ciclo de vida anual do pinguim-de-Magalhães é composto por cinco épocas: (1) chegada à colônia reprodutiva, (2) cópula e incubação, (3) criação dos filhotes, (4) muda das penas e (5) migração invernal (BOERSMA *et al.*, 1990; YORIO & BOERSMA, 1994; BOERSMA & WILLIAMS, 1995; CRANFIELD, 2003; SILVA-FILHO & RUOPPOLO, 2007).

A época de chegada à colônia reprodutiva é registrada no mês de setembro, quando se inicia o comportamento de nidificação e acasalamento. Os machos costumam chegar às colônias antes das fêmeas, o que na grande maioria das vezes, faz com que a escolha do ponto de nidificação seja realizada por eles. Os ninhos são escavados a profundidades entre 23 e 62,9 centímetros (BOERSMA *et al.*, 1990; STOKES & BOERSMA, 1991).

A seguir, ocorre a época de cópula e incubação, durante os meses de outubro e novembro. Em média, os casais costumam realizar a postura de dois ovos em outubro, cujos passam por um período de incubação de 40 dias, aproximadamente. Após ficarem sob os cuidados de ambos os pais por pouco mais de um mês, os ovos sofrem eclosão, geralmente nas primeiras três semanas de novembro (BOERSMA *et al.*, 1990; YORIO & BOERSMA, 1994). Entre dezembro e fevereiro acontece a época de criação dos filhotes. A prole é supervisionada constantemente pelos pais, com revezamento de cuidados, o que possibilita que realizem o forrageamento no mar com maior índice de sucesso (BOERSMA & WILLIAMS, 1995).

A época de muda das penas dos adultos ocorre entre os meses de março e abril. Neste período, durante duas ou três semanas, os indivíduos ficam impossibilitados de forragear no mar. O processo de muda faz com que a sua impermeabilidade seja perdida, o que pode afetar a sua homeostase corporal. Esse evento contribui para que os filhotes se tornem, então, independentes (BOERSMA & WILLIAMS, 1995). Por fim, ocorre uma extensa época, referente ao comportamento de migração invernal. Permanecendo em alto mar, entre os meses de maio e agosto, os indivíduos seguem rumo ao norte da região patagônica (BOERSMA & WILLIAMS, 1995; CRANFIELD, 2003; SILVA-FILHO & RUOPPOLO, 2007).

1.3. Hábitos alimentares de *Spheniscus magellanicus*

De acordo com a disponibilidade em função da variação latitudinal, sabe-se que variadas espécies de peixes, cefalópodes e crustáceos compõem a dieta dos pinguins-de-Magalhães. É possível citar as seguintes espécies predadas: *Engraulis anchoita* (anchoíta-argentina), *Illex argentinus* (calamar-argentino), *Merluccius hubbsi* (merluza-argentina), *Odontesthes smitti* (peixe-rei), *Octopus americanus* (polvo-americano), *Artemis longinaris* (camarão-barba-russa), *Sprattus fuegensis* (sardina-fueguina), *Austroatherina incisa* (cornalito), *Doryteuthis gahi* (lula-patagônica), *D. sanpaulensis* (lula), *Eleganops maclovinus* (robalo), *Notomixine* spp. e *Myxine* spp. (peixes-bruxa), *Nototheniidae* spp. (peixes-gelo) e *Munida* sp. (squat-lobster) (GOSZTONYI, 1984; SCOLARO & BANDANO, 1986; FRERE *et al.*, 1996; SANTOS & HAIMOVICI, 1998; SCOLARO *et al.*, 1999; SCHIAVINI *et al.*, 2005).

Apesar da diversidade na dieta, a *Engraulis anchoita* (anchoíta argentina) se apresenta como seu principal alimento na zona norte da Patagônia argentina (FRERE *et al.*, 1996;

SCOLARO *et al.*, 1999). Ao realizar o forrageamento, os pinguins-de-Magalhães possuem a capacidade de executar mergulhos de até 90 metros de profundidade, tolerando otimamente águas com temperaturas entre 7°C e 30°C (WILLIAMS, 1995).

Durante a migração invernal, os indivíduos seguem a locomoção das anchoítas (MARQUES *et al.*, 2018), porém não se afastando demasiadamente do litoral, ocupando até 50 km de distância a partir da linha de costa, sobre a plataforma continental (PÜTZ *et al.*, 2007). Além do componente ativo da migração, é possível que utilizem parcialmente o transporte passivo da Corrente das Malvinas/Falklands em direção ao equador (SANTOS *et al.*, 2019).

1.4. Biologia e ecologia de *Engraulis anchoita*

A anchoíta-argentina é um pequeno peixe pelágico que ocorre na plataforma continental, tanto na Argentina como no Brasil, desde a região de Puerto Deseado (47°S), na Patagônia, até o Cabo de São Tomé (22°S), no Estado do Rio de Janeiro, com estoques pesqueiros majoritariamente identificados em mares argentinos (HANSEN, 2000; HANSEN *et al.*, 2001). A *E. anchoita* pertence ao mesmo gênero de outras espécies de anchoíta – ou anchoveta –, que representam enormes estoques pesqueiros de interesse econômico ao redor do mundo, tais como: *E. ringens* (Peru), *E. mordax* (Pacífico Norte), *E. encrasicolus* (Europa), *E. japonicus* (Japão) e *E. capensis* (África do Sul) (BAILEY, 1992).

Quando adultos, os indivíduos possuem 20 centímetros de comprimento total e alcançam massa corpórea em torno dos 43 gramas. Normalmente, sua expectativa de vida fica em torno dos 6 a 7 anos, com registros excepcionais entre 8 e 9 anos. Além de ser considerada o principal alimento dos pinguins-de-Magalhães, constitui ainda a dieta básica de *Merluccius hubbsi* (merluza-argentina), espécie de elevado interesse econômico (HANSEN, 2004).



Figura 3. Indivíduo de *Engraulis anchoita*. Foto: FISHBASE, 2021.

Apresenta ocorrência desde águas mais rasas até a região do talude continental, com observações de afastamentos a 833 quilômetros da costa e até os 200 metros de profundidade.

Chegam a tolerar salinidades entre 14‰ e 35 ‰ e águas com temperaturas entre 8°C e 23°C. Na costa argentina, o estoque pesqueiro de *E. anchoita* é dividido em duas populações, considerando os seus hábitos comportamentais de migração invernal anual (HANSEN, 1984; REVINA & BARANOV, 1973; HANSEN, 2000).

A 41°S é definido o limite geográfico entre os grupos bonaerense e patagônico, representando 70% e 30% do estoque argentino, respectivamente. Enquanto o grupo patagônico migra ao sul – entre 42°S e 43°S –, verifica-se numerosos cardumes de anchoíta bonaerense migrando ao norte, alcançando a região sul do Brasil durante o inverno e em menor número na primavera (HANSEN, 1984; HANSEN, 2004; CASTELLO, 1997).



Figura 4. Zona de ocorrência de *Engraulis anchoita*. O gradiente de cor indica a probabilidade de ocorrência: vermelho mais escuro 80 a 100%; amarelo mais claro 1 a 19%. Fonte: AQUAMAPS, 2019.

Entre maio e julho, coincidindo com o período de migração invernal de *S. magellanicus*, este grupo populacional de anchoítas se distancia da região costeira da província de Buenos Aires, alcançando a plataforma continental externa e sendo encontradas sobre o talude continental, entre 33°S e 37°S. Durante o inverno, este é o seu principal local de ocorrência. Então, mais ao norte, detecta-se no Brasil uma maior concentração dos cardumes no litoral do Estado do Rio Grande do Sul, entre 29°S e 34°S (HANSEN, 2004; HANSEN, 2000; HANSEN *et al.*, 2001; SEELIGER *et al.*, 1998).

Nesta época do ano, a abundância de anchoítas é verificada em razão da atividade reprodutiva, com o comportamento de desova e criação, em que a espécie se dirige às águas brasileiras para este fim (MADUREIRA & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2005). A distribuição da anchoíta nesta região sofre influência da movimentação da Corrente das

Malvinas (CM) e da Corrente do Brasil (CB), além da dinâmica da pluma do rio de La Plata (SEELIGER *et al.*, 1998).

1.5. Massas d'água na plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste

O Oceano Atlântico Sudoeste, bem como os demais oceanos, apresenta sobre sua plataforma continental da costa leste sul-americana um conjunto de massas d'água, empilhadas umas sobre as outras, com hidrodinâmicas próprias. A diferenciação e estratificação entre essas se dá a partir de diversas características físico-químicas, tais como os seus intervalos intrínsecos de salinidade, temperatura e densidade (CASTRO FILHO, 2006).

Na plataforma continental do sul e sudeste do Brasil, mais especificamente entre 21°S e 33°S – zona de ocorrência dos pinguins-de-Magalhães na costa brasileira (WILLIAMS, 1995) –, em seus primeiros três quilômetros de coluna d'água, considera-se a existência da Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) (CASTRO FILHO, 2006).

Para a plataforma continental da Argentina, entre 35°S e 55°S, registra-se a Água Subantártica (AS) e a Água Subtropical (AST) (PIOLA & RIVAS, 1997). Aceita-se que ACAS e AST sejam denominações para a mesma massa d'água na região abordada pelo presente trabalho (SVERDRUP *et al.*, 1942). E por fim, para a região entre as duas plataformas continentais estudadas, há imensa relevância da Água da Pluma do Plata (APP) (PIOLA *et al.*, 2005).

Notavelmente, a plataforma continental leste da América do Sul se alarga de forma gradual quanto mais ao sul. Ao largo de Santos (23°S), essa feição geomorfológica se estende a mais de 185 quilômetros, enquanto que ao largo de Rio Grande (32°S) se estende a 277 quilômetros (EMÍLSSON, 1961) Já na região costeira da Patagônia (39°S a 55°S), pode atingir até, aproximadamente, 500 quilômetros de extensão (GOOGLE EARTH, 2021). O limite da quebra da plataforma continental é considerado um fator determinante na dinâmica das massas d'água oceânicas. Será abordado a seguir somente as dinâmicas da AT, ACAS/AST, AS e APP, devido a efeitos de relevância para o presente trabalho.

1.5.1. Água Tropical (AT)

Considerada a massa d'água localizada na camada mais superficial do Oceano Atlântico Sudoeste, a AT é caracterizada por ser mais quente e salina do que as demais massas identificadas nessa região (EMÍLSSON, 1961). Sua formação se dá na costa do Estado da Bahia (10°S), por conta da elevada irradiação solar incidente e maiores índices de evaporação em comparação aos índices de precipitação (DEFANT, 1937).

Com registros de temperatura acima dos 25°C e salinidade maior que 36,5‰, é identificada entre 20 e 100 a 200 metros de profundidade, tendo sua salinidade máxima até os 100 metros; sua densidade é inferior a 25,7 g/l. Conforme parte dessa massa da AT é transportada pela CB, em direção a sudoeste, ficando gradativamente mais densa ao perder calor para a atmosfera, sua temperatura decai para 20°C e salinidade 36‰ (DEACON, 1933; EMÍLSSON, 1961).

Ao seguir o fluxo mais ao sul, a massa d'água sofre mistura com descargas de águas continentais, mesmo que diminutas na costa sul e sudeste do Brasil, mas ainda assim menos salinas e mais frias. Resulta-se então em uma massa de temperatura entre 20°C e 10°C, com salinidade entre 36‰ e 35‰. A partir de aproximadamente 20°S, esse resfriamento na AT origina a AST, cuja integra a massa da ACAS. A AST se torna mais profunda e com maior potencial de transporte, por conta do surgimento da ACAS em seu campo (EMÍLSSON, 1961; SVERDRUP *et al.*, 1942; CAMPOS *et al.*, 1995).

1.5.2. Água Central do Atlântico Sul (ACAS)

A ACAS é identificada na camada abaixo àquela onde encontra-se a AT, com delimitação entre 400 e 750 metros de profundidade, ao largo do sul e sudeste do Brasil. Ao sul da Bacia de Santos (28°S), esta massa d'água é encontrada em sua profundidade máxima, onde ocorre o limite entre ACAS e AIA (WÜST 1935; DEFANT, 1941; EVANS & SIGNORINI 1985).

Com amplitude de temperatura entre 6°C e 20°C e salinidade entre 34,6‰ e 36,2‰, está localizada em uma região de pycnoclina. No sudeste brasileiro, seu índice termohalino preciso é de 20°C e 36,2‰ (MIRANDA *et al.*, 1985). Sua formação se dá ao ocorrer a subsidência de águas da AT na região da Convergência Subtropical (33°S a 38°S), acontecendo o seu espalhamento horizontal logo em seguida (SVERDRUP *et al.*, 1942). Esta

zona, onde a CM e a CB confluem, também é conhecida como Confluência Brasil-Malvinas (CBM) (SILVEIRA *et al.*, 2000).

O fluxo padrão da ACAS integra o Giro Subtropical, envolvendo a maior parte da bacia do Oceano Atlântico Sul. Sua circulação à leste se dá através da Corrente do Atlântico Sul (CAS), fluindo ao norte pela Frente de Angola-Benguela (FAB) e alcançando a América do Sul através da Corrente Sul Equatorial (CSE). Sua massa se bifurca ao sul do Cabo de São Tomé (22°S), em que parte flui para o norte rumo à linha do Equador enquanto a outra parte flui ao longo do sudeste e sul do Brasil pela CB (WÜST 1935; DEFANT, 1941; STRAMMA & ENGLAND, 1999).

Movimentos ciclônicos na CB, induzidos por ventos de nordeste, provocam ressurgência na Baía de Santos, com massa da ACAS sendo trazida para a região de quebra da plataforma continental. Tal fenômeno faz com que essas águas, mais frias e com índices elevados de nutrientes, sejam disponibilizadas para regiões mais rasas, elevando a produtividade primária (PP) nas áreas mais próximas à costa (EVANS & SIGNORINI, 1985).

Mesmo que a ocorrência desses vórtices ciclônicos se dê majoritariamente durante o verão, com termoclina marcante no intervalo de 10 a 15 metros de profundidade, constata-se também a sua incidência durante o inverno. A propagação deles é observada rumo a sudoeste, acompanhado a CB, em que seu movimento em sentido horário causa renovação de água constantemente, com a ressurgência da água fria na parte dianteira e subsidência da água mais aquecida na parte traseira do vórtice (VANIN, 1989; CAMPOS *et al.*, 2000).

1.5.3. Água Subantártica (AS)

A AS tem sua origem em 55°S, na Corrente Circumpolar Antártica (CCA), mais especificamente nas proximidades da Passagem de Drake. Assim como a AIA, essa massa d'água se ramifica a partir da Frente Subantártica (FS), fluindo ao norte por meio da Corrente das Malvinas (CM) (PETERSON & STRAMMA, 1991; TALLEY *et al.*, 2011).

Sua delimitação na coluna d'água é identificada da superfície até 500 metros de profundidade, com temperatura no inverno entre 4°C e 10°C e salinidade entre 33,9‰ e 34 ‰, enquanto no verão atinge até 14°C e 33‰, por conta do derretimento de gelo. Normalmente, os índices termohalinos tendem a aumentar em direção ao norte, independentemente da estação do ano (TALLEY *et al.*, 2011).

O limite latitudinal máximo dessa massa d'água mais fria ocorre habitualmente entre 34,5°S e 35,5°S, portanto, dentro zona de Convergência Subtropical. Porém, há registros da AS até 23°S, podendo estar relacionadas a eventos de ressurgência e aumento na PP costeira (FERNANDES & BRANDINI, 1999).

1.5.4. Água da Pluma do Plata (APP)

Apresentando uma vazão média de aproximadamente 23.000 m³/s, o rio de La Plata exerce forte impacto nos padrões de circulação da plataforma continental, adjacente à sua foz. (PEREIRA, 1989). Com desembocadura localizada entre 35°S e 36°S, no limite fronteiro entre a Argentina e o Uruguai, sua imensa descarga de água doce se espalha como uma pluma pela região costeira argentina, uruguaia e brasileira, a depender da ação dos ventos (SOARES & MÖLLER, 2001; ZAVIALOV *et al.*, 2002). Durante o inverno a massa de água da pluma registra índices termohalinos com temperatura mínima de 10°C e média de 11,3°C, e salinidade máxima de 33,5‰ com média de 26,4‰ (PIOLA *et al.*, 2000; MÖLLER *et al.*, 2008).

Enquanto os ventos de sudoeste induzem o seu fluxo rumo ao norte durante o inverno, os ventos de nordeste induzem-na rumo ao sul durante o verão (SOARES & MÖLLER, 2001; ZAVIALOV *et al.*, 2002). A massa da Água da Pluma do Plata (APP) se desloca para além do cabo de Santa Marta (28°S), de junho a setembro, e se estende estreitamente sobre a plataforma continental. Contrapondo-se a isso, de dezembro a março, a massa de água fluvial se desloca para 32°S, ocupando largamente a costa (PIOLA *et al.*, 2005).

As distintas distribuições da pluma são regidas majoritariamente em função do campo de vento sazonal, com o volume de deságue não representando tanta importância nesse aspecto (PIOLA *et al.*, 2005). Essa pluma de baixa salinidade se mistura tanto lateralmente quanto verticalmente às outras massas de água, tais como a AT e a ACAS transportadas pela CB, e a AS transportada pela CM (MÖLLER *et al.*, 2008).

Tal descarga do rio de La Plata afeta não somente a dinâmica dessas massas e conseqüentemente das correntes associadas, bem como possui influência sobre os níveis de nutrientes, PP e comunidades biológicas que habitam essa região da plataforma continental entre o norte da Argentina e o sul do Brasil (FILLMANN, 1990; CIOTTI *et al.*, 1995).

Juntamente com a ação dos ventos, cujo fator determina se CM ou CB é a mais atuante no sistema da CBM, essa intrusão de água fria e produtiva está associada ao controle da dinâmica populacional de *E. anchoita* (PIOLA *et al.*, 1999; COSTA *et al.*, 2016).

1.6. Produtividade primária na plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste

Tanto a composição quanto a distribuição dos organismos planctônicos, em determinada região oceânica, dependem diretamente das características hidrográficas apresentadas pelas massas d'água incidentes na localidade em questão. Para o Oceano Atlântico Sudoeste, são observadas comunidades microplanctônicas de diatomáceas, cianobactérias, cocolitoforídeos, silicoflagelados, dinoflagelados e ciliados. No entanto, cianobactérias e cocolitoforídeos são observados somente na zona de ocorrência da ACAS (FERNANDES & BRANDINI, 1999).

A variabilidade de concentração de clorofila nos oceanos depende dos padrões de deslocamentos de massas d'água, e a variabilidade destas depende de condições meteorológicas, como regime de ventos e irradiância solar, além do padrão de deslocamento latitudinal sazonal da zona de Convergência Subtropical. Os ventos são responsáveis por controlar a concentração de clorofila, mais especificamente na zona eufótica, ou seja, nas massas d'água mais superficiais (CIOTTI *et al.*, 1995).

O padrão de precipitação também se mostra relevante nesta questão. Altos níveis de clorofila estão associados a elevados índices pluviométricos. Como exemplo, durante eventos quentes de El Niño Oscilação Sul (ENOS), ou simplesmente eventos fortes de El Niño, a precipitação se torna extrema. Conseqüentemente, as descargas de água doce, que contribuem para a formação das porções de massas d'água costeiras, a exemplo da APP, são intensificadas e se tornam aptas a carregar maior abundância de nutrientes estuarinos consigo até o oceano (CIOTTI *et al.*, 1995).

A região da plataforma continental da Patagônia é identificada como uma área de alta PP. Frentes oceânicas controlam a distribuição da produção fotossintética por meio das correntes, com altos índices nas regiões do Golfo San Matias, a sudeste da Península Valdez, Golfo São Jorge, ao sul da latitude 47°S e noroeste das Ilhas Malvinas/Falklands (RIVAS *et al.*, 2006).

Os níveis médios de clorofila são registrados em até 5 mg/m³ na região de zona eufótica, próxima à costa, durante o verão – a oeste do fluxo da CM – e valores ao redor de 1 mg/m³ em diminutas regiões. No inverno, a partir da foz do rio de La Plata, verifica-se o índice médio de 2 mg/m³, bem como um decaimento dos índices ao sul da plataforma; este cenário se deve principalmente à diminuição da irradiação solar e ausência da termoclina (BRANDHORST & CASTELLO, 1971).

Na região da plataforma continental do sul do Brasil, o índice médio de clorofila na zona eufótica é registrado entre 2 e 2,5 mg/m³, proximamente ao litoral, com picos maiores que 5 mg/m³ na região específica da desembocadura da Lagoa dos Patos. A média para o inverno é registrada em <1 mg/m³, enquanto que esse índice sobe durante a primavera para 10 mg/m³. Essa crescente se deve ao aumento dos níveis de irradiação solar e estabilidade da coluna d'água, que na estação anterior sofre imensa turbulência devido ao deslocamento latitudinal da CBM, em direção ao norte (CIOTTI *et al.*, 1995; GARCIA & GARCIA, 2008).

Enquanto isso, para a região da plataforma continental sudeste do Brasil, o índice médio de clorofila na zona eufótica fica em torno de 1,2-18,5 mg/m³ durante o verão e 8,8-36,7 mg/m³ no inverno. As mais elevadas taxas no inverno são verificadas nas regiões mais próximas à costa, já no verão, as maiores são observadas em regiões mais distantes (BRANDINI, 1990).

A costa mais ao sul do Estado de Santa Catarina é a localidade que registra os mais altos índices de clorofila no inverno, em razão do transporte de nutrientes pela AS, por meio da CM. Durante o verão, com a ressurgência da ACAS, nitrogênio e fósforo são carregados até a zona eufótica mais distante da costa, o que somado aos elevados índices de clorofila nessa região, estimula o desenvolvimento do plâncton (BRANDINI, 1990).

O índice de eficiência fotossintética na zona eufótica, ainda para a plataforma continental sudeste brasileira, varia entre as épocas do ano, com o inverno obtendo uma taxa de 0,21-9,17 mgC/mgChl.a/h e o verão uma taxa de 0,66-19,60 mgC/mgChl.a/h. Quanto mais próximo à costa, maior é a taxa, e quanto mais distante, menor é esse índice. A distribuição vertical da eficiência fotossintética é uniforme no inverno, o que não ocorre no verão, pois as comunidades de mar profundo sofrem inibição pela alta luminosidade da estação (BRANDINI, 1990).

1.7. Ocorrência de *Spheniscus magellanicus* na costa brasileira

Seguindo os fartos cardumes de anchoíta argentina que alcançam a costa brasileira durante o período de migração invernal, os pinguins-de-Magalhães atingem o litoral do Brasil, geralmente desde o Estado do Rio Grande do Sul (33°S) até o Estado do Rio de Janeiro (21°S) (FRERE *et al.*, 1996). De acordo com registros arqueológicos datados de períodos remotos, em que verificou-se a presença de fósseis da espécie nessa área, é possível afirmar que este fato ocorre há tempos no litoral das regiões sul e sudeste do Brasil (GASPAR, 1999). Todavia, durante o ano de 2008, os registros de observação de pinguins-de-Magalhães na costa brasileira se estenderam até a região Nordeste, desde o litoral do Estado da Bahia (13°S) até o Estado do Rio Grande do Norte (05°S). Tal evento é considerado extremamente raro, inexistindo uma sazonalidade (ROSS, 2008).

Pesquisas referentes à observação de ocorrências nas praias brasileiras são mais voltados para o litoral do Estado do Rio Grande do Sul (FONSECA *et al.*, 2001; PETRY *et al.*, 2004; MÄDER *et al.*, 2010; PETRY *et al.*, 2012; MARQUES *et al.*, 2018), devido à grande mortalidade de indivíduos registrada neste, onde a concentração da população migratória é mais incisiva (SICK, 1997).

Estudos disponíveis na literatura para ocorrências no Brasil abordam acerca (1) das condições biológicas de animais vivos e em óbito encontrados nas faixas litorâneas (FONSECA *et al.*, 2001; PETRY *et al.*, 2004; BALDASSIN *et al.*, 2010; MARQUES *et al.*, 2018) e (2) impactos resultantes de atividades humanas, como capturas incidentais na pesca marinha e contaminação por óleo (PETRY & FONSECA, 2002; MÄDER *et al.*, 2010; CARDOSO *et al.*, 2011; PETRY *et al.*, 2012; FOGLIARINI *et al.*, 2019). Recentemente, variáveis ambientais, tais como altura de onda, pressão ao nível do mar, intensidade do vento e temperatura da superfície do mar, foram consideradas em análises de ocorrências no litoral do Estado de São Paulo (BRUSIUS *et al.*, 2021).

Devido ao imenso esforço físico despendido no ato migratório, indivíduos da espécie surgem nas praias das regiões sul e sudeste apresentando grave estado de exaustão e inanição (WILLIAMS, 1995; SICK, 1997; SANTOS *et al.*, 2019). A partir deste cenário, centros de reabilitação animal participantes do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS), mantido pela PETROBRAS, resgatam pinguins encalhados no litoral entre os estados de Santa Catarina e do Rio de Janeiro, com o intuito de reabilitá-los e recuperá-los às condições normais de saúde.

2. JUSTIFICATIVA

O presente trabalho demonstra alta relevância devido à escassez de conhecimento na literatura sobre como a produtividade primária na plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste pode vir a exercer forte influência na migração dos pinguins-de-Magalhães, desde a região da Patagônia argentina até à Bacia de Santos, no litoral contido entre os estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro, de modo mais específico. A obtenção de maiores informações sobre o assunto podem ser úteis a fim de subsidiar estudos de conservação e proteção da espécie.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Investigar possíveis correlações entre a ocorrência de indivíduos da espécie *Spheniscus magellanicus* no litoral desde o Estado de Santa Catarina até o Estado do Rio de Janeiro e padrões de produtividade primária na plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste, desde a região da Patagônia argentina até a região Sul e Sudeste do Brasil, por meio de um modelo *Machine Learning* do tipo supervisionado.

3.2. Objetivos Específicos

- (1) Realizar o levantamento e contabilizar as ocorrências de indivíduos da espécie *Spheniscus magellanicus* resgatados pelo Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS), conduzido pela PETROBRAS, no litoral contido entre os estados de Santa Catarina e do Rio de Janeiro, no período compreendido entre 2015 e 2020;
- (2) Compilar dados referentes ao padrão comportamental da produtividade primária incidente na plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste, desde a região da Patagônia argentina até o litoral do Estado do Rio de Janeiro, no período compreendido entre 2015 e 2020;
- (3) Examinar e interpretar como as ocorrências de *S. magellanicus* no litoral contido entre os estados de Santa Catarina e do Rio de Janeiro estão correlacionadas ao padrão comportamental da produtividade primária no referido trecho de costa, no período supracitado.
- (4) Realizar uma previsão de ocorrências de *S. magellanicus* no litoral contido entre os estados de Santa Catarina e do Rio de Janeiro para o ano de 2021.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

Situado entre o Cabo de Santa Marta (28°60'S, 48°81'O) e o Cabo Frio (23°S, 42°O), o litoral entre os municípios de Laguna (28°61'S, 48°85'O) e Saquarema (22°93'S, 42°36'O), desde o Estado de Santa Catarina até o Estado do Rio de Janeiro – área em que foram resgatados os exemplares de *Spheniscus magellanicus* recolhidos pelo PMP-BS –, contabiliza aproximadamente 2.013 quilômetros de costa monitorados pelo projeto (PETROBRAS, 2019).

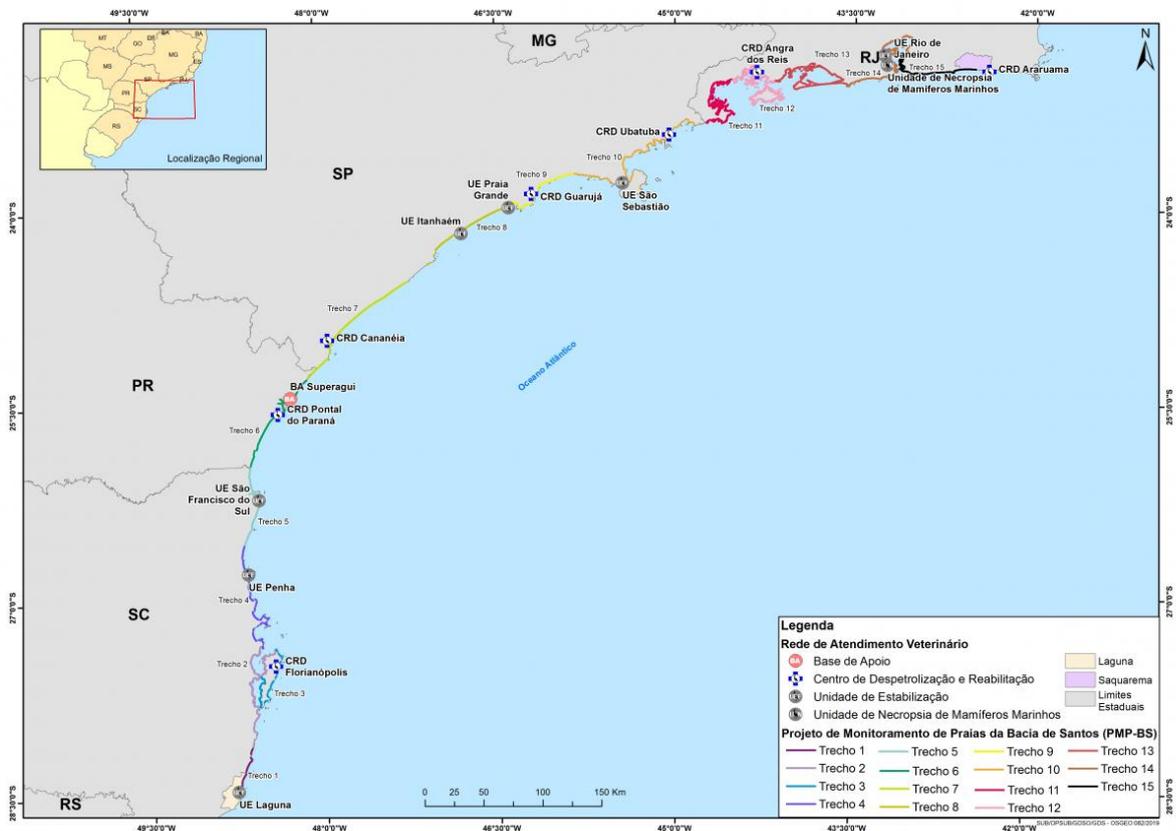


Figura 5. Localização do litoral contido entre os municípios de Laguna e Saquarema, desde o Estado de Santa Catarina até o Estado do Rio de Janeiro, com as extensões demarcadas de cada trecho monitorado. Fonte: PETROBRAS, 2021.

O PMP-BS é um programa ambiental considerado uma das diversas condicionantes exigidas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), relacionados a processos de licenciamento ambiental para atividades de produção e escoamento de petróleo e gás na Bacia de Santos, conduzidas pela PETROBRAS, empresa estatal do ramo de petróleo e gás natural (PETROBRAS, 2021).

Desse modo, considerando as características geográficas e questões de ordem logística, a extensão alvo do presente estudo foi repartida em 15 trechos pela empresa. Para cada um deles, há uma instituição especializada em atendimento médico-veterinário encarregada por realizar o monitoramento, resgate e reabilitação dos animais debilitados encontrados na respectiva faixa litorânea (PETROBRAS, 2019).

Tabela 1. Instituições executoras do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS) e seus respectivos trechos atendidos. Fonte: PETROBRAS, 2019.

| Instituição | Trecho | Abrangência | Distância (km) |
|---------------------|---------------|--|-----------------------|
| UDESC | 01 (SC) | Laguna e Imbituba | 40,22 |
| Instituto Australis | 02 (SC) | Imbituba, Garopaba, Paulo Lopes, Palhoça, Florianópolis, São José, Biguaçu e Governador Celso Ramos | 187,46 |
| R3 Animal | 03 (SC) | Florianópolis | 92,37 |
| Univali | 04 (SC) | Governador Celso Ramos, Tijucas, Bombinhas, Porto Belo, Itapema, Balneário Camboriú, Itajaí, Navegantes, Penha, Piçarras e Barra Velha | 116,60 |
| Univille | 05 (SC) | Araquari, Barra do Sul, São Francisco do Sul e Itapoá | 84,51 |
| UFPR | 06 (PR) | Guaratuba, Matinhos, Pontal do Paraná, Paranaguá e Guaraqueçaba | 105,48 |
| IPeC | 07 (SP) | Cananeia, Ilha Comprida e Iguape | 120,94 |
| Instituto Biopesca | 08 (SP) | Peruíbe, Itanhaém, Mongaguá e Praia Grande | 75,36 |
| Instituto Greinar | 09 (SP) | São Vicente, Santos, Guarujá e Bertioga | 63,87 |
| Instituto Argonauta | 10 (SP) | São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba | 145,87 |
| Econservation | 11 (RJ) | Paraty | 241,85 |
| Econservation | 12 (RJ) | Angra dos Reis | 276,57 |
| Econservation | 13 (RJ) | Mangaratiba, Itaguaí e Rio de Janeiro | 264,80 |
| Econservation | 14 (RJ) | Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Magé, Guapimirim, Itaboraí e São Gonçalo | 120,79 |
| Econservation | 15 (RJ) | Niterói, Maricá e Saquarema | 76,74 |

A plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste, desde a região do Sul e Sudeste do Brasil até a região da Patagônia argentina, entre 22°S e 55°S, sofre influência do

Giro Subtropical, formado por diversas correntes, tais como a CCA, CM, CB, CSE e CAS (PETERSON & STRAMMA, 1991), já mencionadas anteriormente.

Cada corrente apresenta o seu caminho de fluidez próprio, influenciado pela variação no padrão de circulação dos ventos e, como já mencionado, são capazes de transportar variadas massas de água, organizadas de modo estratificado, cada uma com características físico-químicas particulares, como temperatura, salinidade e densidade. Essas variações implicam em variados padrões de PP ao longo da plataforma continental (PETERSON & STRAMMA, 1991).

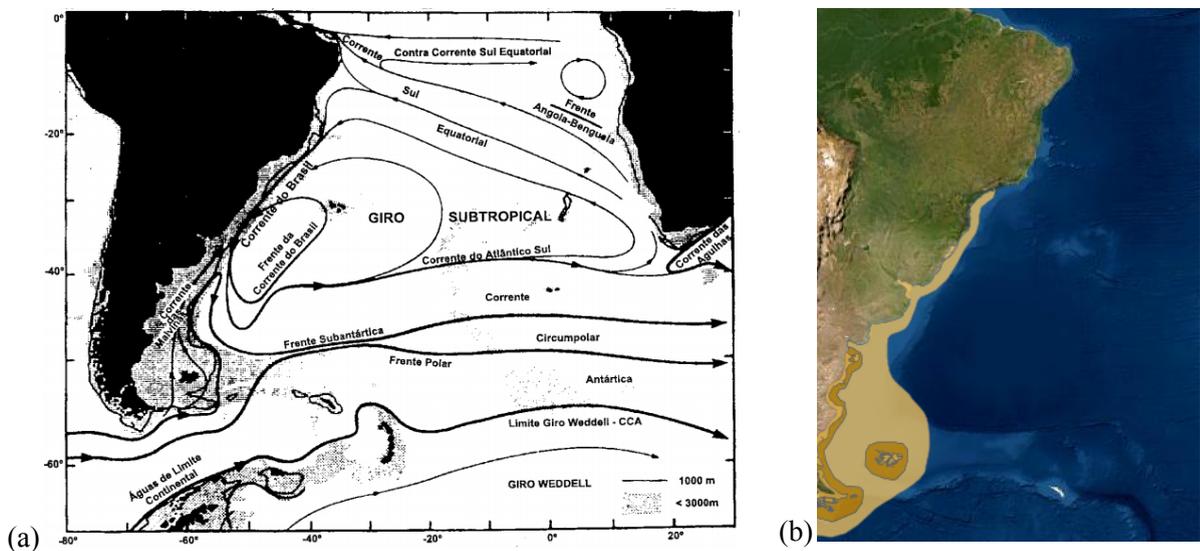


Figura 6. (a) Circulação no Oceano Atlântico Sul, sobreposta à (b) zona de ocorrência de *Spheniscus magellanicus*, no Oceano Atlântico Sudoeste. Fonte: PETERSON & STRAMMA, 1991; IUCN, 2020.

4.2. Coleta e tratamento dos dados

4.2.1. Dados de ocorrências

O levantamento relacionado aos encalhes e ocorrências foi embasado nos dados de domínio público disponibilizados pela plataforma SIMBA (Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática) [<https://simba.petrobras.com.br/simba/web/>], mantida pela PETROBRAS. Os dados foram coletados referentes às ocorrências no trecho litorâneo desde o município de Laguna até o de Saquarema, durante o período de agosto de 2015 a dezembro de 2020. Os testes estatísticos e gráficos foram elaborados a partir de rotinas desenvolvidas no software *Python*, a partir de seus módulos gráficos e estatísticos *pyplot*, *numpy*, *scipy* e *pandas* (PYTHON, 2021).

4.2.2. Dados de produtividade primária

Os dados de PP foram obtidos a partir do acesso aos dados de domínio público disponibilizados pela plataforma *Ocean Productivity* [<http://sites.science.oregonstate.edu/ocean.productivity/>], mantida pela Universidade do Estado do Oregon, localizada nos Estados Unidos. Foram coletados os arquivos mensais de dados para PP a partir do banco de dados do *Vertically Generalized Production Model* (VGPM), ou Modelo de Produção Generalizado Verticalmente, desenvolvido por Behrenfeld e Falkowski (1997). Esse modelo estima a PP líquida, obtida a partir da concentração de clorofila, temperatura, estimativas da profundidade da zona eufótica e eficiência fotossintética.

Foram obtidas imagens mês a mês, pixeladas em formato .htf, cujas passaram pelo processo de georreferenciamento automatizado no *Python*, baseado no sistema de referência geocêntrico WGS84. A partir disso, a região da plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste foi repartida em 11 setores, com áreas equivalentes entre si (Figura 7), na ordem de 70.000 km², onde obteve-se o índice médio de PP para cada setor, a cada mês. No entanto, apenas dez setores foram considerados nas análises: o “setor 0” foi desconsiderado, já que devido à presença considerável de ilhas, o mesmo apresentou informações com alto índice de falhas.

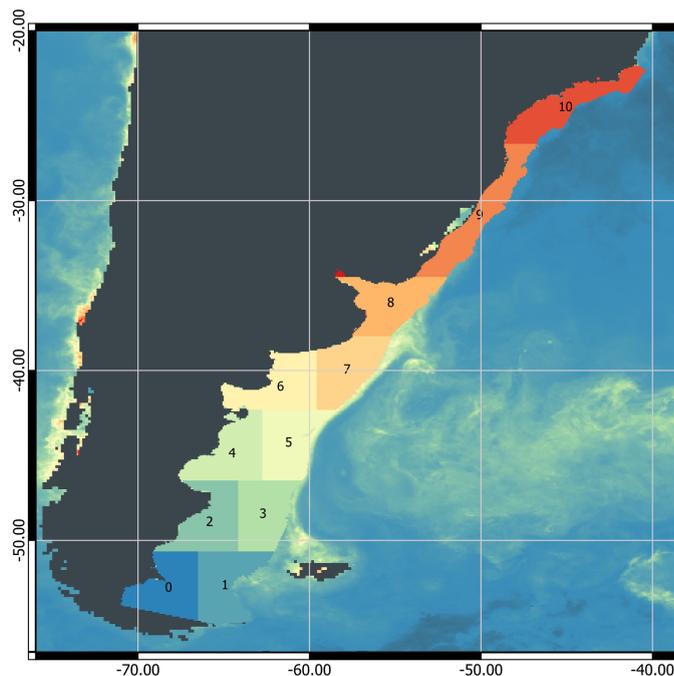


Figura 7. Setores da plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste. Fonte: Figura da autora.

4.2.3. Análises e Modelo *Machine Learning*

A primeira análise dos resultados foi elaborada a partir de uma interpretação estatística simples, considerando o número de ocorrências em função de suas datas anotadas. Posteriormente, os dados de PP foram selecionados, juntamente com as ocorrências e as datas dessas, para então serem introduzidas em um modelo de *Machine Learning*, no *Python*.

O modelo de aprendizado supervisionado escolhido foi o algoritmo *Gradient Boosting Regressor*, considerado um modelo de árvore de decisões (Figura 8). Cada árvore de decisão possui uma profundidade determinada, ou seja, uma quantidade de nós ou níveis de decisão. Por sua vez, cada nível de decisão possui uma quantidade de folhas, que são as opções disponíveis. Conforme há o aumento em seu gradiente, com elevação no número de interações, os erros quadráticos são minimizados e a acurácia do modelo é refinada (PAL, 2020).

Dessa forma, realizando treinos e testes prévios com o banco de dados disponível, foi possível prever a ocorrência de um evento dependente (encalhe) a partir de variáveis independentes (índices de PP em cada setor e estação do ano). As planilhas de dados foram acessadas através do módulo *pandas* do *Python*, de onde o modelo foi construído.

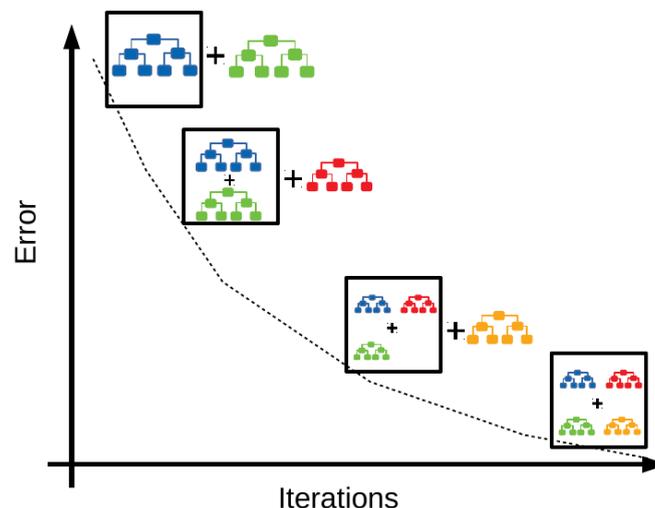


Figura 8. Esquema simplificado demonstrando o funcionamento do modelo de árvore de decisões *Gradient Boosting Regressor*. Fonte: PAL, 2020.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registradas 25.813 ocorrências de indivíduos da espécie *Spheniscus magellanicus* na extensão litorânea alvo, durante os 65 meses estudados. Destes, um contingente majoritário foi verificado para o estado de Santa Catarina (n = 15.751). O estado de São Paulo apresentou a segunda maior incidência (n = 5.309). Em seguida, o estado do Paraná (n = 4.239), e por último o estado do Rio de Janeiro, (n = 514).

Este último não apresenta dados para os anos de 2015 a 2017 devido ao PMP-BS ter iniciado os monitoramentos no referido estado somente em julho de 2018. Contudo, ainda verifica-se enorme discrepância de ocorrências de 2018 a 2020 em comparação aos demais estados (Tabela 2).

Tabela 2. Números de pinguins resgatados pelo PMP-BS por estados por ano.

| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-----------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Santa Catarina | 1.020 | 1.588 | 1.177 | 6.865 | 2.696 | 2.405 |
| Paraná | 87 | 137 | 27 | 2.918 | 510 | 560 |
| São Paulo | 363 | 91 | 30 | 2.146 | 921 | 1.758 |
| Rio de Janeiro | NA | NA | NA | 115 | 8 | 391 |
| Total | 1.470 | 1.816 | 1.234 | 12.044 | 4.135 | 5.114 |

Ao observar as taxas de ocorrências – em que verifica-se a quantidade de pinguins encontrados para cada trecho de 1 quilômetro –, o estado do Paraná apresentou o índice mais elevado, com 40,18 pinguins^{-km}; Santa Catarina obteve 30,22 pinguins^{-km}; São Paulo registrou 13,08 pinguins^{-km} e Rio de Janeiro apenas 0,52 pinguins^{-km}. A taxa para o trecho em sua integralidade foi de 12,82 pinguins^{-km}.

Verificando ainda a quantidade de pinguins encontrados para cada trecho de 1 quilômetro por ano, o Paraná contabilizou 7,44 pinguins/km/ano, Santa Catarina obteve 5,6 pinguins/km/ano, São Paulo registrou 2,42 pinguins/km/ano e Rio de Janeiro 0,21 pinguins/km/ano. A taxa total foi de 2,37 pinguins/km/ano. Portanto, para ambas as modalidades de taxa, Paraná, Santa Catarina e São Paulo apresentaram índices acima do registrado (relativo ao valor total), enquanto os demais estados, os valores ficaram abaixo.

A incidência dos pinguins foi distribuída ao longo dos anos de 2015 ($n = 1.470$), 2016 ($n = 1.816$), 2017 ($n = 1.234$), 2018 ($n = 12.044$), 2019 ($n = 4.135$) e 2020 ($n = 5.114$). O ano de 2018 ganha destaque, por ter sido o de maior número de ocorrências, enquanto o ano imediatamente anterior apresenta o menor índice de animais resgatados (Gráfico 1).

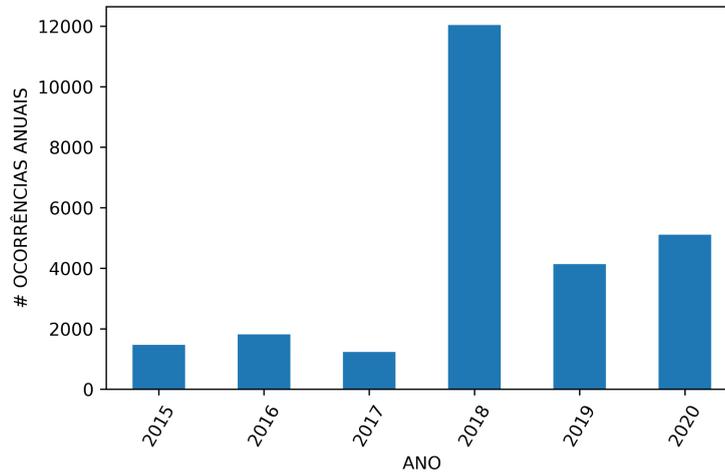


Gráfico 1. Números totais de pinguins resgatados pelo PMP-BS por ano. Fonte: Figura da autora.

Os resultados totais para os meses variaram significativamente, com números para janeiro ($n = 14$), fevereiro ($n = 5$), março ($n = 20$), abril ($n = 12$), maio ($n = 23$), junho ($n = 3.078$), julho ($n = 3.611$), agosto ($n = 7.771$), setembro ($n = 8.112$), outubro ($n = 2.558$), novembro ($n = 484$), dezembro ($n = 125$). Mensurou-se ainda o índice médio de ocorrências por meses, obtendo-se janeiro ($n = 2,8$), fevereiro ($n = 1$), março ($n = 4$), abril ($n = 2,4$), maio ($n = 4,6$), junho ($n = 615,6$), julho ($n = 722,2$), agosto ($n = 1.295,2$), setembro ($n = 1.352$), outubro ($n = 426,3$), novembro ($n = 80,7$), dezembro ($n = 20,8$) (Gráfico 2).

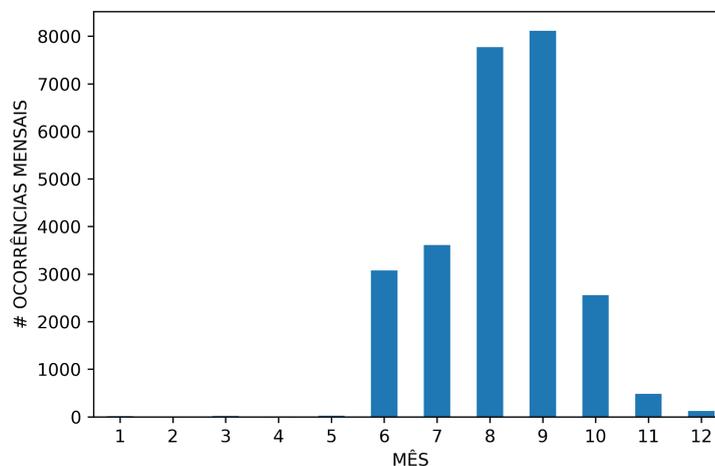


Gráfico 2. Números totais de pinguins resgatados pelo PMP-BS por mês. Fonte: Figura da autora.

Ao se compilar as ocorrências de janeiro a maio, somente 74 indivíduos foram contabilizados, o que representa apenas 0,3% do total. Já nos meses de junho a setembro, contabilizou-se 22.572 pinguins, correspondendo a 87% das incidências (Tabela 3).

Tabela 3. Quantificação de pinguins resgatados pelo PMP-BS por meses a cada ano.

| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | Total |
|------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
| Janeiro | NA | 7 | 6 | 0 | 1 | 0 | 14 |
| Fevereiro | NA | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 5 |
| Março | NA | 2 | 11 | 1 | 4 | 2 | 20 |
| Abril | NA | 1 | 2 | 7 | 2 | 0 | 12 |
| Mai | NA | 13 | 0 | 3 | 3 | 4 | 23 |
| Junho | NA | 164 | 70 | 44 | 76 | 2.724 | 3.078 |
| Julho | NA | 374 | 781 | 1.211 | 344 | 901 | 3.611 |
| Agosto | 184 | 289 | 208 | 4.386 | 2.242 | 462 | 7.771 |
| Setembro | 576 | 616 | 16 | 5.207 | 1.301 | 396 | 8.112 |
| Outubro | 459 | 323 | 5 | 1.103 | 148 | 520 | 2.558 |
| Novembro | 220 | 18 | 70 | 70 | 12 | 94 | 484 |
| Dezembro | 31 | 9 | 63 | 12 | 0 | 10 | 125 |
| Total | 1.470 | 1.816 | 1.234 | 12.044 | 4.135 | 5.114 | 25.813 |

Ressalta-se, então, que os meses de inverno obtiveram a maior concentração de resgates, confirmando os hábitos migratórios da espécie, enquanto de janeiro a maio registraram-se dados somente no patamar das dezenas. Tal situação já é esperada, pois sabe-se que nos dois primeiros meses do ano os adultos cumprem os cuidados parentais de criar, alimentar e proteger os filhotes nascidos no período derradeiro do ano anterior (BOERSMA & WILLIAMS, 1995; SILVA-FILHO & RUOPPOLO, 2007).

Já em março e abril, os indivíduos costumam não adentrar ou adentram pouco ao mar devido à época de muda da plumagem. E em maio, embora se dê o início à época de migração invernal, a maioria esmagadora dos pinguins ainda está percorrendo o longo trajeto, o qual resulta nos encalhes em praias brasileiras (BOERSMA & WILLIAMS, 1995; SILVA-FILHO & RUOPPOLO, 2007).

Quanto à ontogenia, aproximadamente 84,1% (n = 21.708) eram juvenis, 4,23% (n = 1.093) eram adultos, 0,04% (n = 9) eram filhotes e 11,63% (n = 3.003) com sua identificação de estágio de desenvolvimento indeterminada. Com relação à condição de vida, apenas 8,5% (n = 2.187) foram resgatados vivos, enquanto que foi constatada a morte no momento do resgate em expressivos 91,5% (n = 23.626) dos animais.

O número relevante de juvenis sugere uma vulnerabilidade acentuada e ainda baixa experiência com relação ao enfrentamento das adversidades, sejam naturais ou de origem antrópica, em comparação aos indivíduos adultos, que estão representados por um baixo índice. No entanto, mais baixo ainda são os registros de pinguins filhotes: provavelmente, os cadáveres dos nove pinguins resgatados já mortos de agosto a outubro estavam à deriva há muito tempo, já que entre fevereiro e março é a época em que os filhotes se tornam juvenis (BOERSMA & WILLIAMS, 1995; SILVA-FILHO & RUOPPOLO, 2007).

O modelo de aprendizado *Gradient Boosting Regressor* elencou as feições principais (*features*), ou seja, as variáveis independentes mais significativas, para as ocorrências dos pinguins-de-Magalhães no litoral de cada um dos quatro estados estudados. As *features* consideradas foram os índices de PP de cada um dos dez setores da plataforma continental, além da variável temporal, referida como “data”. A ordem de classificação das *features* indica o nível de importância de cada uma delas para o resultado total de indivíduos contabilizados por estados, em todo o período estudado (Gráfico 3).

As *features* para o Estado de Santa Catarina foram em ordem de importância (1) “setor 1”, (2) “setor 3” e (3) “setor 9” (Gráfico 3a). Para o Estado do Paraná foram (1) “setor 10”, (2) “setor 9” e (3) “data” (Gráfico 3b). Já para o Estado de São Paulo foram (1) “setor 8”, (2) “setor 6” e (3) “setor 3” (Gráfico 3c). E por fim, para o Estado do Rio de Janeiro foram (1) “setor 5”, (2) “data” e (3) “setor 8” (Gráfico 3d).

Entre as *features* mais importantes, nota-se tanto a presença dos setores mais próximos, quanto dos setores mais distantes dos estados correspondentes. Para o Estado de Santa Catarina, são significativos os setores do extremo sul da Patagônia e o setor da plataforma continental sul do Brasil. Para o Estado do Paraná, os setores das plataformas continentais sudeste e sul do Brasil. Com relação ao Estado de São Paulo, os setores da foz do rio de La Plata, do extremo norte e do extremo sul da Patagônia. Enquanto isso, para o Estado do Rio de Janeiro, os setores da foz do Rio de La Plata, do extremo norte e da porção intermediária da Patagônia. Para maiores esclarecimentos acerca destes resultados tão

discrepantes, sugere-se a realização de estudos futuros mais aprofundados, considerando as demais variáveis independentes possíveis, tais como padrões de salinidade, nutrientes, irradiância solar, temperatura da superfície do mar (TSM), ventos, massas d'água, correntes, etc.

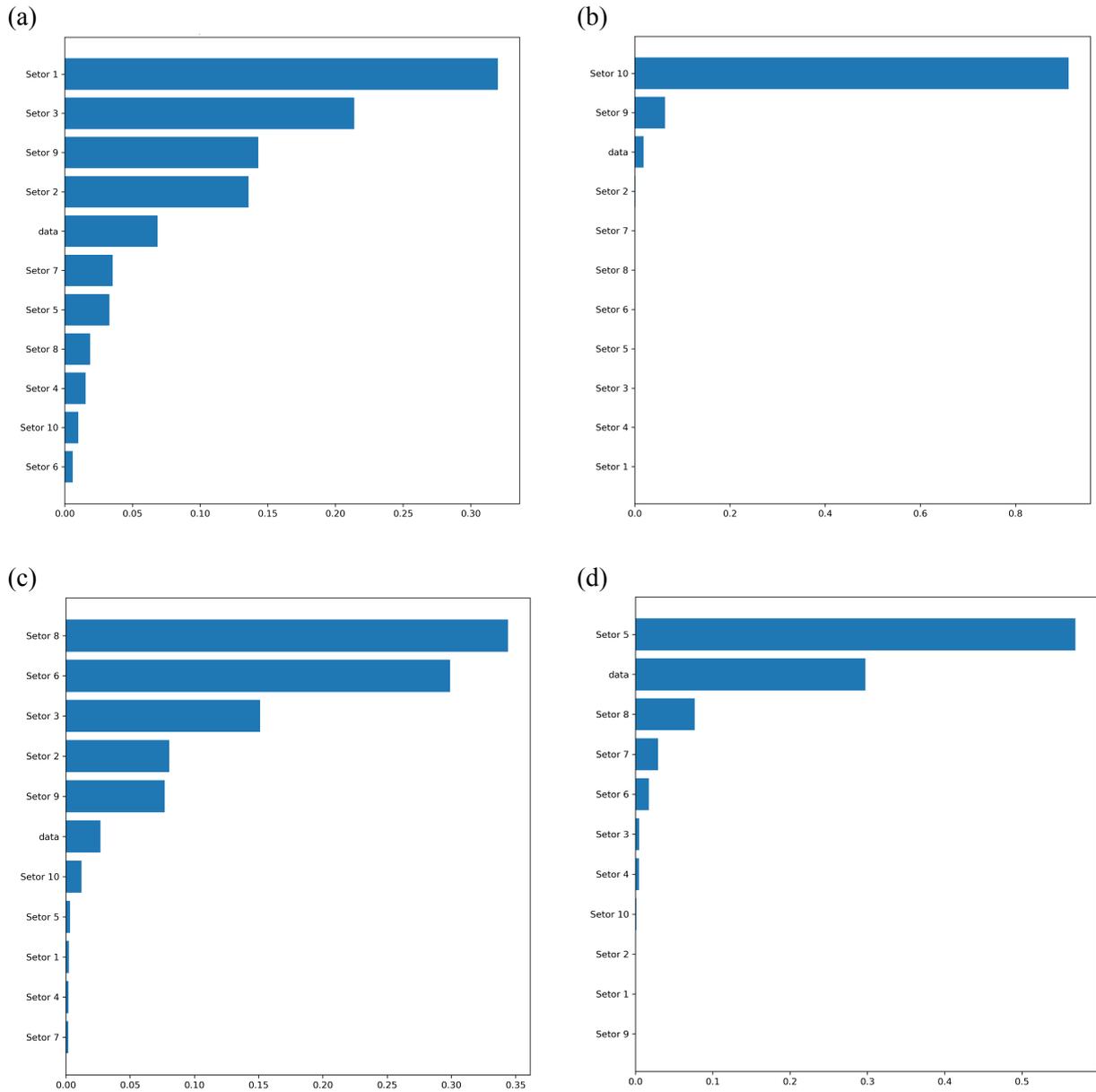


Gráfico 3. *Features* mais significativas para os estados de (a) Santa Catarina, (b) Paraná, (c) São Paulo e (d) Rio de Janeiro. No eixo x, 0,0 = 0% e 1,0 = 100% Fonte: Figuras da autora.

Quanto às correlações entre as ocorrências dos pinguins e as *features* mais significativas para cada estado, foram obtidas máximas correlações positivas em épocas distintas para cada um deles (Gráfico 4).

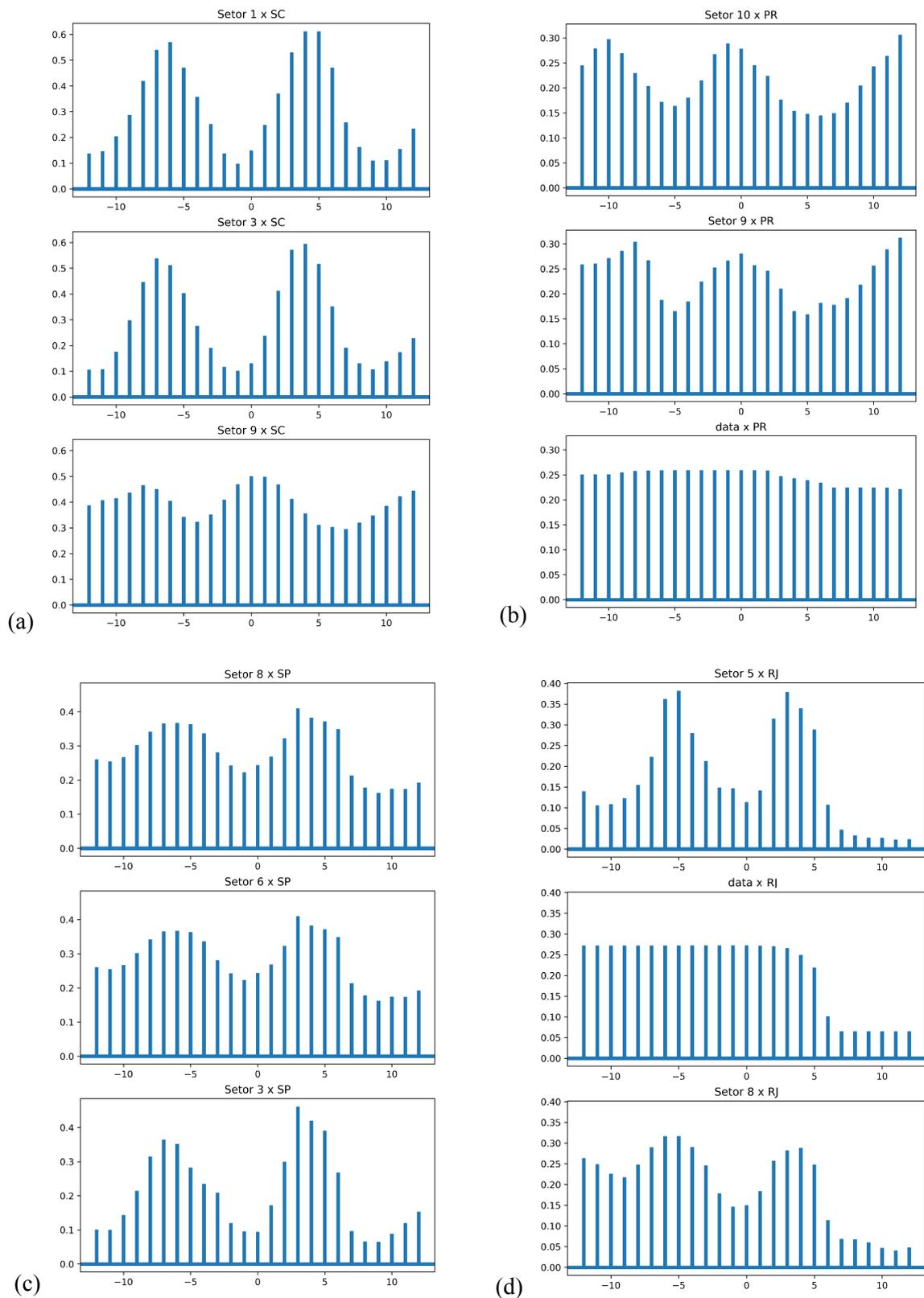


Gráfico 4. Correlação cruzada entre as ocorrências e as *features* mais significativas para os estados de (a) Santa Catarina, (b) Paraná, (c) São Paulo e (d) Rio de Janeiro. O eixo horizontal representa o *lag* (em meses) onde a correlação é avaliada (eixo vertical). As correlações significativas correspondem aos valores com *lag* positivos. Fonte: Figuras da autora.

Para o Estado de Santa Catarina, a correlação significativa positiva entre as ocorrências e o índice de PP do “setor 1” ocorreu quatro meses após o pico de PP registrado; também quatro meses após para o “setor 3”; e zero meses para o “setor 9” (Gráfico 4a).

Para o Estado do Paraná, a correlação significativa positiva entre as ocorrências e o índice de PP do “setor 10” ocorreu zero meses após o pico de PP registrado; também zero meses após para o “setor 9”; e zero meses com relação à “data” (Gráfico 4b).

Para o Estado de São Paulo, a correlação significativa entre as ocorrências e o índice de PP do “setor 8” ocorreu três meses após o pico de PP registrado; também três meses após para o “setor 6; e igualmente três meses após para o “setor 3” (Gráfico 4c).

Para o Estado do Rio de Janeiro, a correlação significativa positiva entre as ocorrências e o índice de PP do “setor 5” ocorreu três meses após o pico de PP registrado; zero meses com relação à “data”; e três meses após para o “setor 8” (Gráfico 4d).

De acordo com a literatura, o mais alto nível de produtividade para a plataforma patagônica, onde o “setor 1” está inserido, é durante o verão (BRANDHORST & CASTELLO, 1971). Já no presente trabalho, obteve-se pico de PP em abril, para o mesmo setor, quatro meses antes do pico de ocorrência de pinguins no Estado de Santa Catarina no seu total, no caso agosto ($n = 4.897$).

Na região do “setor 5”, também contida na plataforma Patagônica, obteve-se pico de PP em abril para o setor, três meses antes do pico de ocorrência de pinguins no Estado do Rio de Janeiro no seu total, registrado em julho ($n = 224$).

O mesmo vale para o “setor 8”, igualmente inserido na plataforma Patagônica. Obteve-se pico de PP em maio para o referido setor, três meses antes do pico de ocorrência de pinguins no Estado de São Paulo em sua totalidade, contabilizado em agosto ($n = 1.806$).

A plataforma sudeste brasileira possui o mais elevado índice de produtividade durante o inverno (BRANDINI, 1990), coincidindo com a época do pico de PP para o “setor 10”, no caso setembro, e o pico de ocorrências de pinguins no Estado do Paraná em sua totalidade no mesmo mês ($n = 2.317$).

Em todos os setores mais significativos para cada estado, observa-se que os índices de PP são mais elevados antes do período invernal (“setor 1”, “setor 8” e “setor 5” da plataforma

patagônica), exceto para o Estado do Paraná (“setor 10” da plataforma sudeste do Brasil, que coincide justamente com o inverno) (Gráfico 5).

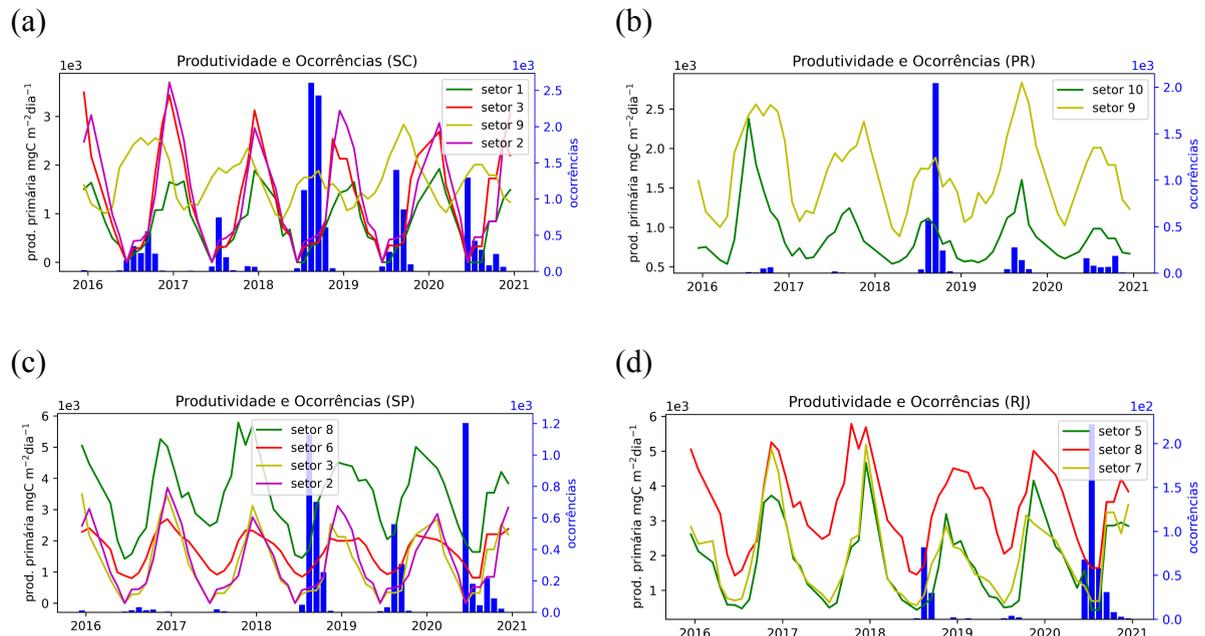


Gráfico 5. Ocorrências sobrepostas aos índices de produtividade primária nos principais setores referentes aos estados de (a) Santa Catarina, (b) Paraná, (c) São Paulo e (d) Rio de Janeiro. Fonte: Figuras da autora.

Na plataforma patagônica, isso ocorre em razão da luminosidade solar ser mais incidente durante o verão, o que favorece a atividade e eficiência fotossintética (BRANDHORST & CASTELLO, 1971). Somado a isto, há a intrusão de massas frias da ACAS no verão, que carregam consigo águas repletas de nutrientes até as camadas mais superficiais da plataforma continental (EVANS & SIGNORINI, 1985).

A descarga de água continental aumentada nessa época do ano, devido ao aumento da precipitação, pode estar relacionada à elevação nos níveis de nutrientes no Oceano Atlântico Sudoeste, assim como ocorre em maior escala durante eventos fortes de El Niño (CIOTTI *et al.*, 1995).

Durante o período entre o pico de produtividade (verão/outono) e o pico de ocorrências de pinguins-de-Magalhães (inverno), sabe-se que ocorre a época de muda de plumagem destes, além dos cuidados parentais (BOERSMA & WILLIAMS, 1995; SILVA-FILHO & RUOPPOLO, 2007).

Essa união de fatores, produtividade primária alta e ausência de pinguins nas águas oceânicas, pode explicar um possível aumento nos estoques de anchoítas, possibilitando que os cardumes tenham tempo hábil para se desenvolverem e chegarem à fase reprodutiva de seu ciclo anual, cuja se dá, justamente, durante o inverno (MADUREIRA & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2005).

O suposto elevado contingente pesqueiro – que no inverno se direciona da costa patagônica à costa do sul e sudeste do Brasil para se reproduzir, como já mencionado – acaba por sofrer um controle populacional ao ser predado pelos pinguins, que possivelmente alcançam o litoral brasileiro por esta razão. Aqui, certamente, verifica-se o conceito ecológico da dinâmica presa-predador, por meio do modelo de Lotka-Volterra, com picos na densidade populacional intercalados entre a presa e o predador (LOTKA, 1925; VOLTERRA, 1926).

A realização da previsão de ocorrências para o ano de 2021 obteve dados para os quatro estados. No entanto, até a finalização do presente estudo, na base de dados de produtividade primária só estavam disponíveis as informações dos meses de janeiro a abril de 2021. Para os meses de maio a dezembro, foram utilizados os dados de produtividade do mesmo período referente ao ano de 2020.

Assim, afirma-se que foram obtidas previsões verdadeiras para os primeiros quatro meses do ano, enquanto que para os oito meses restantes obteve-se falsas previsões, ainda que sejam realistas. Nas figuras seguintes, é possível verificar (1) a previsão de ocorrências para cada ano, baseada no conjunto de anos anteriores (por exemplo: previsão do ano de 2019 baseada no conjunto de dados total de 2015 a 2018), (2) as ocorrências realmente observadas para cada ano e (3) a previsão para o ano de 2021 (Gráfico 6 e Gráfico 7).

Observa-se um perfeito ajuste do modelo de aprendizagem, já que as previsões dos anos coincidem perfeitamente com os dados de ocorrências realmente observados. Com relação à previsão para o ano de 2021, esta pode ser considerada confiável, já que o modelo também previu para o referido ano um padrão de ocorrências, de certo modo, coerente com as épocas do ano já esperadas, de acordo com o que consta na literatura (WILLIAMS, 1995; FRERE *et al.*, 1996; SICK, 1997; PÜTZ *et al.*, 2007).

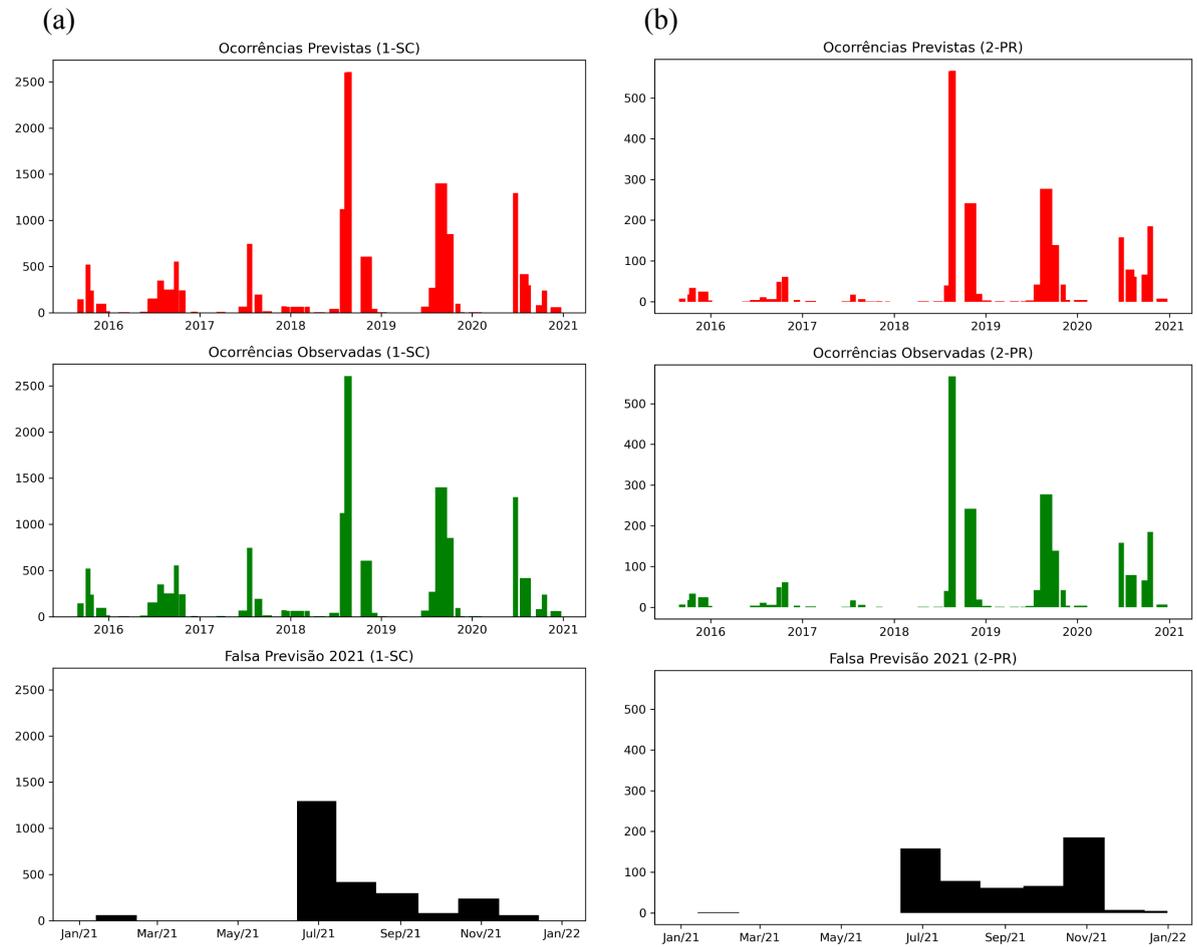


Gráfico 6. Previsão de ocorrências, ocorrências realmente observadas e previsão para o ano de 2021 nos estados de (a) Santa Catarina e (b) Paraná. Fonte: Figuras da autora.

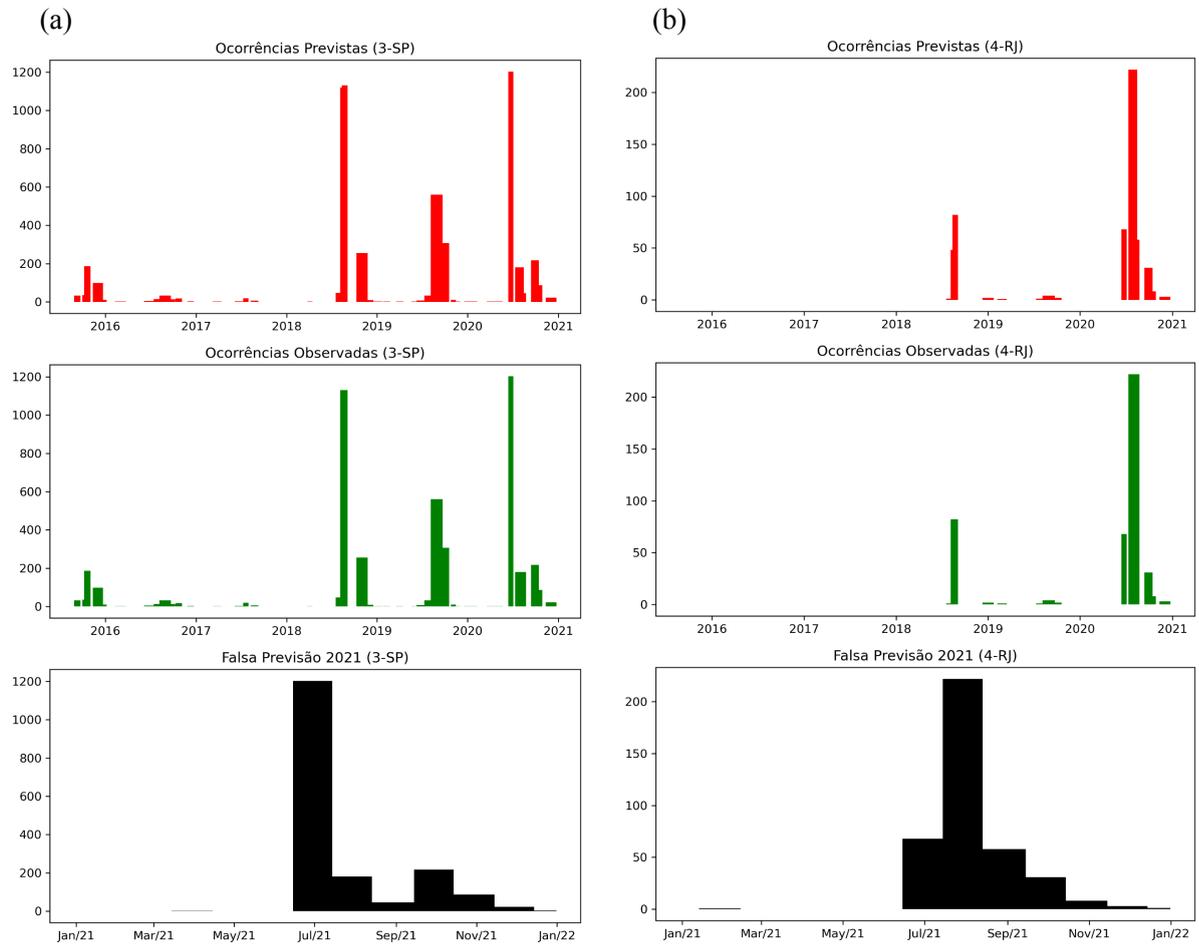


Gráfico 7. Previsão de ocorrências, ocorrências realmente observadas e previsão para o ano de 2021 nos estados de (a) São Paulo e (b) Rio de Janeiro. Fonte: Figuras da autora.

6. CONCLUSÕES

- (1) As ocorrências de *Spheniscus magellanicus* apresentam uma notável variação latitudinal, ao considerar tanto os números totais quanto as taxas de ocorrências por estados, com Santa Catarina e Paraná se destacando frente a São Paulo e Rio de Janeiro. Este panorama pode ser considerado esperado, devido à maior proximidade espacial daqueles estados com a região da Patagônia, local de origem dos pinguins-de-Magalhães.
- (2) Os dados do ano de 2018, cujo obteve o maior número de ocorrências, substanciam este como o principal ano no período estudado, com relação às ocorrências no litoral entre os estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro. Os meses de maior incidência coincidem com o período de migração, reforçando a tendência a hábitos migratórios nessas aves e ajudando a substanciar parte do seu ciclo de vida, vastamente já conhecido.
- (3) Supõe-se que os juvenis foram amplamente frequentes devido à sua ainda insignificante experiência com relação a situações de risco que um movimento migratório de longo alcance impõe, sejam adversidades de origem natural, tal como o enfrentamento a tempestades, ou de origem antrópica, tal como o enfrentamento ao intenso tráfego de embarcações que ocorre proximamente à costa.
- (4) O índice de mortalidade, extremamente alto, comprova que a atividade de migração causa fadiga e exaustão extrema. Os pinguins ainda podem vir a sofrer intoxicação por óleo, decorrente de vazamentos ou da própria atividade de lavagem de tanques de embarcações em alto mar, o que pode ser fatal para estes animais.
- (5) Cada estado apresentou *features* distintas para as ocorrências, com seus setores mais significativos localizados tanto ao extremo sul da plataforma continental da Patagônia, quanto sobre as plataformas continentais sul e sudeste do Brasil. Para um melhor entendimento, sugere-se o aprofundamento dos estudos acerca desse tema, incluindo no modelo os dados das demais variáveis físico-químicas, oceanográficas e meteorológicas relevantes, bem como na extensão do banco de dados.
- (6) Para os estados de Santa Catarina, São Paulo e Rio de Janeiro, os setores contidos na plataforma patagônica foram os mais significativos, enquanto aqueles contidos nas

plataformas sul e sudeste do Brasil tiveram grande representatividade para o Estado do Paraná. Para os três primeiros estados, as correlações significativas obedeceram a um padrão de máxima ocorrência de pinguins (durante o inverno) acontecendo de três a quatro meses após o pico de PP registrado nos setores mais significativos, cujo ocorreu durante a transição entre verão e outono. Este fato parece ser explicado pelo modelo ecológico presa-predador, ou ainda, modelo de Lotka-Volterra.

- (7) Já para o Paraná, observa-se o padrão de máxima ocorrência de pinguins coincidindo com o pico de PP registrado em seus setores mais significativos, ou seja, durante o próprio inverno. Do mesmo modo, para uma maior compreensão, se faz necessária a realização de estudos mais aprofundados a fim de explicar a influência destes períodos distintos de pico de PP na ocorrência dos pinguins entre os estados.
- (8) O modelo de aprendizagem *Gradient Boosting Regressor* apresentou uma previsão coerente das ocorrências de *S. magellanicus* para o ano de 2021, no trecho litorâneo estudado. Observou-se uma estimativa elevada para o inverno, em todos os estados, mesmo com a carência dos dados de PP para a maior parte do presente ano. Dessa forma, com uma melhoria contínua, o modelo pode ser considerado uma ferramenta útil para auxiliar no planejamento de ações para a conservação da espécie, possibilitando que as equipes gestoras estejam preparadas para direcionar esforços adequados com as previsões obtidas para cada ano.
- (9) Em síntese, a partir das referidas análises, o presente estudo abre margem à possibilidade de se desenvolver um estudo futuro, incluindo no modelo demais informações ambientais relevantes, tais como padrões de salinidade, nutrientes, irradiância solar, temperatura da superfície do mar (TSM), velocidade horizontal dos ventos, massas d'água, correntes, etc. Essas variáveis podem vir a contribuir em uma possível explicação com relação à significância real de cada *feature* para cada estado, bem como explicar as discrepâncias do período de pico de PP entre o Estado do Paraná *versus* os estados de Santa Catarina, São Paulo e Rio de Janeiro e sua influência no surgimento dos pinguins-de-Magalhães entre o litoral sul e sudeste do Brasil.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUAMAPS. **Computer Generated Native Distribution Map for *Engraulis anchoita* (Argentine anchovy)**. Disponível em: https://www.aquamaps.org/receive.php?type_of_map=regular#. Acesso em: 04 jun. 2021.
- BAILEY, R. S. **The global pelagic fish resource and its biological potential**. In: BRUT, J. R.; HARDY, R.; WHITTLE, K. J. (Eds.) *Pelagic Fish. The Resource and its Exploitation*. Fishing News Books, University Press, Cambridge, 1992.
- BALDASSIN, P.; SANTOS, R. A.; CUNHA, J. M. M.; WERNECK, M.R.; GALLO, H. Cephalopods in the diet of Magellanic penguins *Spheniscus magellanicus* found on the coast of Brazil. **Marine Ornithology**, v. 38, n. 1, p. 55–57, 2010.
- BEHRENFELD, M. J.; FALKOWSKI, P. G. Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. **Limnology and Oceanography**, v. 42, n. 1, p. 1-20, 1997.
- BOERSMA, P. D.; STOKES, D. L.; YORIO, P. M. Reproductive variability and historical change of Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) at Punta Tombo, Argentina. **Penguin Biology**, p. 15-43, 1990.
- BOERSMA, P. D.; WILLIAMS, T. D. **Magellanic penguin**. *The penguins*. Oxford: Oxford University Press, p. 249-258, 1995.
- BOERSMA, P. D.; GARCIA-BORBOROGLU, P.; FRERE, E.; KANE, O.; POZZI, L. M.; PÜTZ, K.; RAYA REY, A.; REBSTOCK, G. A.; SIMEONE, A.; SMITH, J.; VAN BUREN, A.; YORIO, P. **Pinguino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*)**. In: GARCIA-BORBOROGLU, P.; BOERSMA, P. D. *Pinguinos - Historia Natural y Conservacion*. Buenos Aires: Vazquez Mazzini, p. 233-263, 2015.
- BRANDHORST, W.; CASTELLO, J. P. Evaluación de los recursos de Anchoita (*Engraulis anchoita*) frente a la Argentina y Uruguay. **Proyecto de Desarrollo Pesquero (FAO)**. Série Informes Técnicos. Bar. n. 29, 1971.
- BRANDINI, F. P. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off southeastern Brazil during winter (July/August1982) and summer (February/March1984). **Hydrobiologia**, v. 196, n. 2, p. 111-148, 1990.
- BRUSIUS, B. K.; SOUZA, R. B.; FREITAS, R. A. P.; BARBIERI, E. Effects of environmental variables on Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) strandings in southeastern Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 210, p. 105704, 2021.

CAMPOS, E. J. D. **Estudos da circulação oceânica no Atlântico tropical e região oeste do Atlântico Subtropical Sul**. Tese de livre docência. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 1995. 114p.

CAMPOS, E. J. D.; VELHOTE, D.; SILVEIRA, I. C. A. Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders. **Geophysical Research Letters**, v. 27, n. 6, p. 751-754, 2000.

CARDOSO, L. G.; BUGONI, L.; MANCINI, P. L.; HAIMOVICI, M. Gillnet fisheries as a major mortality factor of Magellanic penguins in wintering areas. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 4, p. 840-844, 2011.

CASTELLO, J. P. **Anchoita (*Engraulis anchoita*, Engraulididae, Pisces) no sul do Brasil**. I. Tese de Doutorado, Universidade do Rio Grande do Sul, Brasil, 84p., 1997.

CASTRO FILHO, B. M.; LORENZZETTI, J. A.; SILVEIRA, I. C. A.; MIRANDA, L. B. **Estrutura Termohalina e Circulação na Região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS)**. In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; MADUREIRA, L. S. P. O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

CIOTTI, A. M.; ODEBRECHT, C.; FILLMANN, G.; MÖLLER, O. O. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. **Continental Shelf Research**, v. 15, p. 1737-1756, 1995.

COSTA, P. L.; VALDERRAMA, P. R. C.; MADUREIRA, L. A. S. P. Relationships between environmental features, distribution and abundance of the Argentine anchovy, *Engraulis anchoita*, on the south west Atlantic continental shelf. **Fisheries Research**, v. 173, p. 229-235, 2016.

CRANFIELD, M. R. **Sphenisciformes (Penguins)**. **Zoo and Wild Animal Medicine**. 5ª edição. Saint Louis: Saunders Co, p.103-110, 2003.

DEACON, G. E. R. A general account of the hydrology of the South Atlantic. **Ocean. Discovery Rep.**, v. 7, n. 171-238, 1933.

DEFANT, A. Die Troposphäre. Deutsche Atlantische Expedition "Meteor" 1925-1927. Wiss. Erg., Bd. VI, Teil I, 3. Lief., p. 289-411, 1936.

DEFANT, A. Die absolute topographie des phys. Meeresniveaus und der Druckflächen, sowie die Wasserbewegungen im Atl. Ozean. **Meteor Werk.**, v. 6, p. 2, p. 191-250, 1941.

EMÍLSSON, I. The shelf and coastal waters off Southern Brazil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 17, n. 2, p. 101-112, 1961.

EVANS, D. L.; SIGNORINI, S. R. Vertical structure of the Brazil Current. **Nature**, v. 315, n. 6014, p. 48-50, 1985.

FALABELLA, V.; CAMPAGNA, C.; CROXALL, J. **Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*)**. **Atlas del Mar Patagónico. Especies y espacios**. Buenos Aires: Wildlife Conservation Society y BirdLife International, p. 176-187, 2009.

FERNANDES, L. F.; BRANDINI, F. P. Comunidades microplancônicas no Oceano Atlântico Sul Ocidental: biomassa e distribuição em novembro de 1992. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 47, n. 2, p. 189-205, 1999.

FILLMANN, G. **Caracterização química das massas de água da plataforma continental do sul do Brasil**. Tese de Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 1990. 134p.

FISHBASE. ***Engraulis anchoita* - Anchove argentine (Hubbs & Marini, 1935)**. Disponível em: <https://www.fishbase.in/photos/PicturesSummary.php?ID=1659&what=species>. Acesso em: 04 jun. 2021.

FOGLIARINI, C. D. O.; BUGONI, L.; HAIMOVICI, M.; SECCHI, E. R.; CARDOSO, L. G. High mortality of adult female Magellanic penguins by gillnet fisheries in southern Brazil. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 29, n. 10, p. 1657-1664, 2019.

FONSECA, V. S. D. S.; PETRY, M. V.; JOST, A. H. Diet of the Magellanic Penguin on the coast of Rio Grande do Sul, Brazil. **Waterbirds**, v. 24, n. 2, p. 290-293, 2001.

FOWLER, M. E.; CUBAS, Z. S. Order Sphenisciformes (Penguins). **Biology, Medicine, and Surgery of South American Wild Animals**, v. 1, p.53-64, 2001.

FRERE, E; GANDINI, P. A.; LICHTSCHEIN, V. Variación latitudinal en la dieta del Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) en la costa Patagónica, Argentina. **Ornitología Neotropical**, v. 7, p. 35-41, 1996.

GARCIA, C. A. E.; GARCIA, V. M. T. Variability of chlorophyll-a from ocean color images in the La Plata continental shelf region. **Continental Shelf Research**, v. 28, n. 13, p. 1568-1578, 2008.

GASPAR, M. **Sambaqui: arqueologia do litoral brasileiro**. São Paulo: Schwarcz-Companhia das Letras, 1999.

GOSZTONYI, A. E. La alimentación del pingüino Magallánico (*Spheniscus magellanicus*) en las adyacencias de Punta Tombo, Chubut, Argentina. **Contribución Centro Nacional Patagónico**, v. 95, p. 1-19, 1984.

HANSEN, J. E.; COUSSEAU, M. B.; GRU, D. L. Características poblacionales de la anchoíta (*Engraulis anchoita*) del Mar Argentino. Parte I. El largo medio al primer año de vida, crecimiento y mortalidad. **Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero**, v. 4, p. 21-48, 1984.

HANSEN, J. E. **Anchoita (*Engraulis anchoita*)**. In: BEZZI, S.; AKSELMAN, R.; BOSCHI, E. E. (Eds.). Síntesis del estado de las pesquerías marítimas argentinas y de la Cuenca del Plata – Años 1997-1998, con la actualización de 1999. Mar del Plata: INIDEP, 2000.

HANSEN, J. E.; MARTOS, P.; MADIROLAS, A. Relationship between spatial distribution of Patagonian stock of Argentine anchovy, *Engraulis anchoita* and sea temperatures during late spring to Early summer. **Fisheries Oceanography**, v. 10, n. 2, p. 193-206, 2001.

HANSEN, J. E. Anchoíta (*Engraulis anchoita*). **El Mar y Sus Recursos Pesqueros**, v. 4, p. 101-115, 2004.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species. Magellanic Penguin - *Spheniscus magellanicus***. 2020. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/species/22697822/157428850#geographic-range>. Acesso em: 04 jun. 2021.

LOTKA, A. J. **Elements of Physical Biology**. Baltimore: Williams and Wilkins, 1925.

MÄDER, A.; SANDER, M.; CASA JR, G. Ciclo sazonal de mortalidade do pinguim-de-Magalhães, *Spheniscus magellanicus* influenciado por fatores antrópicos e climáticos na costa do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 18, n. 3, p. 228-233, 2010.

MADUREIRA, L. S. P.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. **Prospecção de recursos pesqueiros pelágicos na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil: hidroacústica e biomassas**. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP / Série Documentos REVIZEE, 2005.

MARQUES, F. P.; CARDOSO, L. G.; HAIMOVICI, M.; BUGONI, L. Trophic ecology of Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) during the non-breeding period. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 210, p. 109-122, 2018.

MIRANDA, L. B. Forma de correlação T-S de massa de água das regiões costeira e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP), Brasil. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 33, n. 2, p. 105-119, 1985.

MÖLLER, O. O.; PIOLA, A. R.; FREITAS, A. C.; CAMPOS, E. J. D. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental Shelf Research**, v. 28, p. 1607-1624, 2008.

NACINOVIC, J. B. **Aves marinhas na Bacia de Campos**. Série Guias de Campo: Fauna marinha da Bacia de Campos. FIOCRUZ, p. 60, 2005.

PAL, A. **Gradient Boosting Trees for Classification: A Beginner's Guide**. 2020. Disponível em: <https://medium.com/swlh/gradient-boosting-trees-for-classification-a-beginners-guide-596b594a14ea>. Acesso em: 10 dez. 2021.

PEREIRA, C. S. Seasonal variability in the coastal circulation on the Brazilian Continental Shelf (29–35°S). **Continental Shelf Research**, v. 9, p. 285-289, 1989.

PETERSON, R. G.; STRAMMA, L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, v. 26, n. 1, p. 1-73, 1991.

PETROBRAS. **Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS) – Projeto Executivo Integrado do PMP-BS – Volume Único**. 2019. Disponível em: https://www.comunicabaciadesantos.com.br/sites/default/files/Projeto_Executivo_Monitoramento_Praias_Integrado.pdf. Acesso em: 17 jun. 2021.

PETROBRAS. **Projeto de Monitoramento de Praias (PMP)**. 2021. Disponível em: <https://www.comunicabaciadesantos.com.br/programa-ambiental/projeto-de-monitoramento-de-praias-pmp.html>. Acesso em: 04 jun. 2021.

PETRY, M. V.; FONSECA, V. S. S. Effects of human activities in the marine environment on seabirds along the coast of Rio Grande do Sul, Brazil. **Ornitologia Neotropical**, v. 13, p. 137-142, 2002.

PETRY, M. V.; FONSECA, V. S. S.; JOST, A. H. Registro de pinguim-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*) mortos no Rio Grande do Sul. **Acta Biológica Leopoldensia**, v. 26, p. 139-144, 2004.

PETRY, M. V.; SCHERER, J. F. M.; SCHERER, A. L. Ocorrência, alimentação e impactos antrópicos de aves marinhas nas praias do litoral do Rio Grande do Sul, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 20, n. 1, 65-70, 2012.

PIOLA, A. R.; RIVAS, A. L. Corrientes en la Plataforma Continental. **El Mar Argentino y Sus Recursos Pesqueros**, v.1, p. 119-132. 1997.

PIOLA, A. R.; CAMPOS, E. J. D.; MÖLLER, O. O.; CHARO, M.; MARTINEZ, C. **Continental shelf water masses off eastern South America – 20° to 40°S**. In: Symposium on Global Change Studies, 10, Dallas, EUA, 1999.

PIOLA, A. R.; CAMPOS, E. J. D.; MÖLLER, O. O.; CHARO, M.; MARTINEZ, C. M. Subtropical shelf front off eastern South America. **Journal of Geophysical Research**, v. 105, p. 6566-6578, 2000.

PIOLA, A. R.; MATANO, R. P.; PALMA, E.; MÖLLER, O. O.; CAMPOS, E. J. D. The influence of the Plata river discharge on the western South Atlantic Shelf. **Geophysical Research Letters**, v. 32, 2005.

PÜTZ, K.; SCHIAVINI, A.; REY, A. R.; BENNO, A. L. Winter migration of magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) from the southernmost distributional range. **Marine Biology**, v. 152, p. 1227-1235, 2007.

PYTHON. **Python Software Foundation: Documentation (v. 3.9.5)**. 2021. Disponível em: <https://docs.python.org/3/>.

REVINA, N. I.; BARANOV, A. V. Some data on the ecology and distribution of the Argentine anchovy (*Engraulis anchoita* Hubbs & Marini, 1935). **Proc. VNIRO**, v. 93, p. 102-111, 1973.

RIVAS, A. L.; DOGLIOTTI, A. I.; GAGLIARDINI, D. A. Seasonal variability in satellite-measured surface chlorophyll in the Patagonian Shelf. **Continental Shelf Research**, n. 26, p. 703–720, 2006.

ROSS, A. L. Pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*) no Nordeste: migrantes ou errantes? **Boletim Eletrônico do CEMAVE**, v. 2, n. 2, 2008.

SANTOS, N. B. M.; CARVALHO, D. M. R.; RIBEIRO, A. S. L. S.; DUTRA, G. H. P.; NASCIMENTO, C. L.; SILVA, A. N. E.; MARTINS, R. S. Magellanic penguin *Spheniscus magellanicus* rehabilitation and husbandry at Santos Municipal Aquarium, Brazil. **International Zoo Year Book**, v. 53, p. 1-17, 2019.

SANTOS, R. A.; HAIMOVICI, M. Trophic relations of the long-finned squid *Loligo sanpaulensis* on the southern Brazilian shelf. **South African Journal of Marine Science**, v. 20, p. 81-91, 1998.

SCHIAVINI, A.; YORIO, P.; GANDINI, P.; REY, A. R.; BOERSMA, P. Los pingüinos de las costas argentinas: estado poblacional y conservación. **El Hornero**, v. 20, n. 1, p. 5-23. 2005.

SCOLARO, J. A.; BANDANO, L. A. Diet of the Magellanic Penguin *Spheniscus magellanicus* during the chick-rearing period at Punta Clara, Argentina. **Cormorant**, v. 13, p. 91-97, 1986.

SCOLARO, J. A.; WILSON, R. P.; LAURENTI, S.; KIERSPEL, M. A.; GALLELLI, H.; UPTON, J. A. Feeding preferences of the Magellanic Penguin *Spheniscus magellanicus* over its breeding range in Argentina. **Waterbirds**, v. 22, n. 1, p. 104-110, 1999.

SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil**. Rio Grande: Ecoscientia, 1998.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

SILVA-FILHO, R. P.; RUOPPOLO, V. **Sphenisciformes (Pinguim)**. **Tratado de Animais Selvagens**. São Paulo: Roca, c. 21, p. 309- 323, 2007.

SILVEIRA, I. C. A.; SCHMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D.; GODOI, S. S.; IKEDA, Y. A. Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 48, n. 2, p. 171-183, 2000.

SIMEONE, A.; LUNA-JORQUERA, G.; BERNAL, M.; GARTHE, S.; SEPÚLVEDA, F.; VILLABLANCA, R.; ELLENBERG, U.; CONTRERAS, M.; MUÑOZ, J.; PONCE, T. Breeding distribution and abundance of seabirds on islands off north-central Chile. **Revista Chilena de Historia Natural**, n. 76, n. 2, p. 323-333, 2003.

SOARES, I.; MÖLLER, O. O. Low frequency currents and water mass spatial distribution on the southern Brazilian shelf. **Continental Shelf Research**, v. 21, p. 1785-1814, 2001.

STOKES, D. L.; BOERSMA, P. D. Effects of substrate on the distribution of Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) burrows. **The Auk**, v. 108, p. 923-933, 1991.

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

SVERDRUP, H. V.; JOHNSON, M. V.; FLEMING, R. H. **The oceans, their physics, chemistry and general biology**. New York: Prentice-Hall, 1942.

TALLEY, L. D.; PICKARD, G. L.; EMERY, W. J.; SWIFT, J. H. **Southern Ocean. In: Descriptive Physical Oceanography: an introduction**. 6ª edição, Boston: Academic Press, 2011.

VANIN, A. M. S. P. Utilização racional dos ecossistemas costeiros da região tropical brasileira: Estado de São Paulo - um estudo integrado. **Boletim IG-USP**. Publicação Especial, n. 6, p. 76-81, 1989.

VENEGAS, C. Estado de conservación de las especies de pingüinos en la región de Magallanes, Chile. **Estudios Oceanológicos**, v. 18, 1999.

VOOREN, C. M.; ILHA, H. H. Guia das aves comuns da costa do Rio Grande do Sul. **Imago Maris**, v. 2, n. 1, p. 23, 1995.

VOLTERRA, V. Fluctuations in the abundance of species considered mathematically. **Nature**, v. 118, p. 157-158, 1926.

YORIO, P.; BOERSMA, D. Causes of nest desertion during incubation in the Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*). **The Condor**, v. 96, n. 4, p. 1076-1083, 1994.

WILLIAMS, T. D. **The Penguins**; Spheniscidae. Oxford: Oxford University Press, 1995.

WÜST, G. Schichtung und zirkulation des Atlantischen Ozeans. Die stratosphäre des Atlantischen Ozeans. **Wiss Ergebn. Deutsch. Atlant. Exp. "Meteor"**, v. 6, p. 109-228, 1935.

ZAVIALOV, P.; MÖLLER, O. O.; CAMPOS, E. J. D. First direct measurements of currents on the continental shelf of southern Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 22, p. 1975-1986, 2002.

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**APRESENTAÇÃO REMOTA****Discente:** NATÁLIA BEATRIZ DE MENDONÇA SANTOS**Título:** "OCORRÊNCIA DOS PINGUINS-DE-MAGALHÃES *Spheniscus magellanicus* (FORSTER, 1781) NO LITORAL ENTRE OS ESTADOS DE SANTA CATARINA E RIO DE JANEIRO SOB PADRÕES DE PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA NA PLATAFORMA CONTINENTAL SUL E SUDESTE DO BRASIL"**Orientador:** Prof. Dr. Roberto Fioravanti Carelli Fontes**Curso/Habilitação:** Bacharelado em Ciências Biológicas/Biologia Marinha

| COMISSÃO EXAMINADORA | CONCEITO |
|---|----------|
| Prof. Dr. Roberto Fioravanti Carelli Fontes | APROVADA |
| Profa. Dra. Carolina Pacheco Bertozzi | APROVADA |

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente **Natália Beatriz de Mendonça Santos** obteve o seguinte conceito:

 APROVADO REPROVADO

São Vicente, 14 de janeiro de 2022.

**Prof. Dr. Roberto Fioravanti Carelli Fontes**
(Orientador)**Profa. Dra. Carolina Pacheco Bertozzi**