



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

NATÁLIA BEATRIZ DE MENDONÇA SANTOS

**CORRELAÇÕES ENTRE A OCORRÊNCIA DOS PINGUINS-DE-MAGALHÃES
Spheniscus magellanicus (FORSTER, 1781) NO LITORAL SUL E SUDESTE DO
BRASIL E EVENTOS DE EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL**

SÃO VICENTE

2022



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

NATÁLIA BEATRIZ DE MENDONÇA SANTOS

**CORRELAÇÕES ENTRE A OCORRÊNCIA DOS PINGUINS-DE-MAGALHÃES
Spheniscus magellanicus (FORSTER, 1781) NO LITORAL SUL E SUDESTE DO
BRASIL E EVENTOS DE EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL**

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 Gerenciamento Costeiro.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Fioravanti Carelli Fontes.

Coorientador: Prof^ª. Dr^ª. Carolina Pacheco Bertozzi.

SÃO VICENTE

2022

S237c

Santos, Natália Beatriz de Mendonça

Correlações entre a ocorrência dos pinguins-de-Magalhães *Spheniscus magellanicus* (Forster, 1781) no litoral sul e sudeste do Brasil e eventos de El Niño Oscilação Sul / Natália Beatriz de Mendonça Santos. -- São Vicente, 2022

56 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

Coorientadora: Carolina Pacheco Bertozzi

1. Pinguins. 2. Migração de aves. 3. El Niño Oscilação Sul. 4. Confluência Brasil-Malvinas. 5. Trajetórias lagrangeanas. I. Título.

Aos que caminham ao meu lado e, como não poderia
ser diferente, aos pinguins-de-Magalhães.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Lúcia e Adelmo, por apoiarem e possibilitarem meu estudo, me dando suporte sempre que preciso.

Ao Daniel, pela sua parceria, companheirismo e alegria de sempre.

Ao Laboratório de Oceanografia Costeira e ao meu orientador, Bob, por me direcionar nas idéias e acreditar que este trabalho poderia ser realizado.

À professora Carolina Bertozzi, pela co-orientação neste assunto tão fascinante.

A todo o corpo docente do Bacharelado em Ciências Biológicas do Instituto de Biociências - Campus Litoral Paulista, pelos ensinamentos transmitidos ao longo de toda a graduação.

Meus sinceros agradecimentos.

“O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são.”

Aristóteles

RESUMO

Durante o inverno austral, os pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*) partem de suas colônias na Patagônia rumo ao norte, alcançando o litoral brasileiro até o estado do Rio de Janeiro (21°S). O fenômeno oceânico-atmosférico El Niño Oscilação Sul (ENOS) ocorre no Oceano Pacífico Tropical e seus eventos interferem no regime climático global, inclusive na costa leste da América do Sul. Nessa região, verifica-se a ocorrência da Confluência Brasil-Malvinas (CBM), onde a Corrente do Brasil (CB) e a Corrente das Malvinas (CM) confluem entre 33° e 38°S, com intensa hidrodinâmica. Os eventos de ocorrência dos pinguins no sul e sudeste do Brasil, certamente é influenciada por variações nos índices ENOS e a variação latitudinal da CBM. 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, entre 2015 e 2022 e correlacionou tais incidências com os índices ENOS registrados para o mesmo período; adicionalmente projetou-se deslocamentos de deriva dos pinguins desde a Patagônia rumo ao Brasil, entre 2015 e 2020. O processamento dos dados foi realizado nos softwares Microsoft Excel 365, *Ocean Parcels* e *Python*. Foram registradas pouco mais de trinta e cinco mil ocorrências, a maioria em Santa Catarina. O Paraná registrou a maior taxa de ocorrência geral e por ano. O ano de maior incidência foi em 2018. A maioria dos eventos ocorreu durante o inverno, a maior parte em agosto. De janeiro a maio somente 0,3% do total foi contabilizado. A maioria era de juvenis e 92% já estavam mortos no momento do resgate. As maiores correlações entre ocorrências e índices ENOS foram obtidas com *lags* de nove meses no litoral total ($r = -0,27$), oito meses em Santa Catarina ($r = -0,29$), nove meses no Paraná ($r = -0,28$) nove meses em São Paulo ($r = -0,20$) e seis meses no Rio de Janeiro ($r = 0,21$). O índice ENOS não é a única causa dos encalhes, mas há uma tendência à maximização de ocorrências após eventos de La Niña. As maiores correlações positivas entre ocorrências e distâncias percorridas nas simulações foram com ausência de *lags* no litoral total ($r = 0,28$), em Santa Catarina ($r = 0,25$), no Paraná ($r = 0,33$) e em São Paulo ($r = 0,22$). Para o Rio de Janeiro, não houve correlações positivas. Foi evidenciado o importante papel das correntes no deslocamento dos pinguins até o Brasil e a necessidade de consideração de outras variáveis ambientais nas análises, tais como temperatura e salinidade; produtividade primária e outras variáveis atmosféricas.

Palavras-chave: Pinguins; Migração de aves; El Niño Oscilação Sul; Confluência Brasil-Malvinas; Trajetórias lagrangeanas.

ABSTRACT

During the austral winter, Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) leave their colonies in Patagonia, heading north, reaching the Brazilian coast as far as the state of Rio de Janeiro (21°S). The oceanic-atmospheric phenomenon El Niño Southern Oscillation (ENSO) occurs in the Tropical Pacific Ocean, and its events interfere with the global climate regime, including the east coast of South America. In this region, there is the occurrence of the Brazil-Malvinas Confluence (BMC), where the Brazil Current (BC) and the Malvinas Current (MC) converge between 33° and 38°S, with intense hydrodynamics. The events of penguin occurrences in southern and southeastern Brazil are influenced by variations in ENOS indices and latitudinal variations in BMC. The present study compiled data on occurrences of Magellan penguins on the coast between the states of Santa Catarina and Rio de Janeiro from 2015 to 2022 and correlated such incidences with the ENOS indexes recorded for the same period. Additionally, drift displacements of penguins from Patagonia towards Brazil were projected between 2015 and 2020. Data processing was done using Microsoft Excel 365, Ocean Parcels, and Python. More than thirty-five thousand occurrences were registered, mainly on the Santa Catarina shores. Paraná recorded the highest rate of occurrence overall and per year. The year with the highest incidence was 2018. Most events occurred during the winter, mainly in August. Only 0.3% of the total was accounted for from January to May. Most were juveniles, and 92% were dead at the rescue time. The highest correlations between occurrences and ENOS indexes were with lags of nine months in the entire coast ($r = -0.27$), eight months in Santa Catarina ($r = -0.29$), nine months in Paraná ($r = -0.28$), nine months in São Paulo ($r = -0.20$) and six months in Rio de Janeiro ($r = 0.21$). The ENOS index is not the only cause of strandings, but there is a tendency to maximize occurrences after La Niña events. The highest positive correlations between occurrences and distances covered in the simulations were with the absence of lags on the entire coast ($r = 0.28$), in Santa Catarina ($r = 0.25$), in Paraná ($r = 0.33$), and São Paulo. Paulo ($r = 0.22$); Rio de Janeiro did not obtain positive correlations. The critical role of currents in the displacement of penguins to Brazil was evidenced. Including other environmental variables in the analyses (temperature and salinity in the South Atlantic Ocean) and the extension of the data set should improve the understanding of the results.

Keywords: Penguins; Bird migration; El Niño Southern Oscillation; Brazil-Malvinas Confluence; Lagrangian trajectories.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Zona de endemismo e nidificação de <i>Spheniscus magellanicus</i> nas costas atlântica e pacífica, em marrom mais escuro e marrom intermediário; em marrom mais claro indica o alcance migratório. Fonte: IUCN, 2020	14
Figura 2. Indivíduos (a) juvenil e (b) adulto de <i>Spheniscus magellanicus</i> . Fotos: Gustavo Dutra, 2016.....	15
Figura 3. Demonstração da dinâmica do El Niño Oscilação Sul: (a) situação de neutralidade, (b) ocorrência de El Niño, (c) ocorrência de La Niña. Tons alaranjados remetem à temperaturas mais quentes, tons azulados à temperaturas mais frias. Fonte: ASHOK & YAMAGATA, 2009.....	18
Figura 4. (a) Circulação nas plataformas continentais da Argentina e do sul e sudeste brasileiros, demonstrando os fluxos da CB, CM e Corrente do Atlântico Sul (CAS); (b) Imagem de sensor <i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i> (AVHRR) captando a CBM: tons avermelhados e amarelados (CB) remetem à temperaturas mais quentes, tons esverdeados e azulados (CM) à temperaturas mais frias; é possível observar a presença de vórtices na região da confluência. Fonte: OLSON <i>et al.</i> , 1988; SILVEIRA <i>et al.</i> , 2000.....	20
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.....	25
Figura 6. (a) Área de ocorrência de <i>Spheniscus magellanicus</i> , no Oceano Atlântico Sudoeste; (b) Dinâmica das correntes e zona de ocorrência da CB e CM no Oceano Atlântico Sudoeste. Fonte: PETERSON & STRAMMA, 1991; IUCN, 2020.....	27
Figura 7. Números totais de pinguins resgatados pelo PMP-BS por ano.....	31
Figura 8. Números totais de pinguins resgatados pelo PMP-BS por mês.....	31
Figura 9. Correlações cruzadas das maiores correlações obtidas entre ocorrências de pinguins e INO para (a) litoral total, (b) Santa Catarina, (c) Paraná, (d) São Paulo, (e) Rio de Janeiro.....	38
Figura 10. Simulações das trajetórias, por advecção, dos pinguins durante migração: partidas no início (a) da primavera, (b) da primavera média e (c) do verão. Cada ponto nas rotas indica uma semana de percurso. Projeções para 2015.....	40
Figura 11. Simulações das trajetórias, por advecção, dos pinguins durante migração: partidas no início (a) do outono, (b) do inverno, (c) da primavera, (d) da primavera média e (e) do verão. Cada ponto nas rotas indica uma semana de percurso. Projeções para 2016.....	41
Figura 12. Simulações das trajetórias, por advecção, dos pinguins durante migração: partidas no início (a) do outono, (b) do inverno, (c) da primavera, (d) da primavera média e (e) do verão. Cada ponto nas rotas indica uma semana de percurso. Projeções para 2017.....	42
Figura 13. Simulações das trajetórias, por advecção, dos pinguins durante migração: partidas no início (a) do outono, (b) do inverno, (c) da primavera, (d) da primavera média e (e) do verão. Cada ponto nas rotas indica uma semana de percurso. Projeções para 2018.....	43
Figura 14. Simulações das trajetórias, por advecção, dos pinguins durante migração: partidas no início (a) do outono, (b) do inverno, (c) da primavera, (d) da primavera média e (e) do verão. Cada ponto nas rotas indica uma semana de percurso. Projeções para 2019.....	44

Figura 15. Simulações das trajetórias, por advecção, dos pinguins durante migração: partidas no início (a) do outono, (b) do inverno e (c) da primavera. Cada ponto nas rotas indica uma semana de percurso. Projeções para 2020.....45

Figura 16. Correlações cruzadas das maiores correlações positivas obtidas entre ocorrências de pinguins e distâncias percorridas para o (a) litoral total, (b) Santa Catarina, (c) Paraná e (d) São Paulo.47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ciclo de vida anual do pinguim-de-Magalhães <i>Spheniscus magellanicus</i>	16
Tabela 2. Instituições executoras do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS) e seus respectivos trechos atendidos. Fonte: PETROBRAS, 2019.....	26
Tabela 3. Números de pinguins resgatados pelo PMP-BS por estados por ano.....	30
Tabela 4. Quantificação de pinguins resgatados pelo PMP-BS por meses a cada ano.....	32
Tabela 5. Índices Niño Oceânico (INO), refletindo as anomalias da temperatura da superfície do mar para o ENOS; médias de três meses. Valores em vermelho indicam El Niño; já em azul, La Niña.....	34
Tabela 6. Ocorrência de <i>Spheniscus magellanicus</i> no litoral entre os estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro; médias de três meses cada.....	35
Tabela 7. Ocorrência de <i>Spheniscus magellanicus</i> no Estado de Santa Catarina; médias de três meses cada.....	35
Tabela 8. Ocorrência de <i>Spheniscus magellanicus</i> no Estado do Paraná; médias de três meses cada.....	36
Tabela 9. Ocorrência de <i>Spheniscus magellanicus</i> no Estado de São Paulo; médias de três meses cada.....	36
Tabela 10. Ocorrência de <i>Spheniscus magellanicus</i> no Estado do Rio de Janeiro; médias de três meses cada.....	36
Tabela 11. Correlações entre ocorrências de pinguins e INO para cada <i>lag</i> (em meses), por estados; as maiores estão destacadas em negrito.....	37
Tabela 12. Distâncias percorridas pelos pinguins, ao final de 90 dias, partindo da Patagônia argentina no início de cada estação. Valores em quilômetros.....	46
Tabela 13. Correlações entre ocorrências de pinguins e distâncias percorridas para cada <i>lag</i> (em meses), por estados; as maiores positivas estão destacadas em negrito.....	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. Taxonomia e bioecologia dos pinguins-de-Magalhães <i>Spheniscus magellanicus</i>	13
1.2. El Niño Oscilação Sul (ENOS).....	17
1.3. Confluência Brasil-Malvinas (CBM).....	19
1.4. Ocorrência dos pinguins-de-Magalhães no Brasil.....	22
2. JUSTIFICATIVA.....	23
3. OBJETIVOS.....	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1. Área de estudo.....	25
4.2. Coleta e tratamento dos dados.....	28
4.2.1. Dados de ocorrências dos pinguins-de-Magalhães.....	28
4.2.2. Dados dos eventos de El Niño Oscilação Sul (ENOS).....	28
4.2.3. Projeções de deslocamento dos pinguins-de-Magalhães.....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6. CONCLUSÕES.....	48
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

1. INTRODUÇÃO

Anualmente, milhares de indivíduos da espécie *Spheniscus magellanicus*, popularmente conhecidos como pinguins-de-Magalhães, são avistados nas praias do litoral sul e sudeste do Brasil. Tratados pela literatura especializada como aves de hábitos migratórios, estes apresentam endemismo no sul da América do Sul (FOWLER & CUBAS, 2001).

Possuem um ciclo de vida anual, dividido entre as épocas de (1) Repovoamento das colônias (“pinguineras”), (2) Cópula, incubação e eclosão dos ovos, (3) Criação da prole, (4) Muda da plumagem, (5) Migração invernal. As quatro primeiras épocas citadas ocorrem entre setembro e abril na região da Patagônia, com formação de colônias tanto na costa chilena quanto argentina, mas com maior representatividade nesta última (BOERSMA *et al.*, 1990; STOKES & BOERSMA, 1991; YORIO & BOERSMA, 1994; BOERSMA & WILLIAMS, 1995; FALABELLA *et al.*, 2009).

A partir de maio, os pinguins que nidificam na costa da Argentina realizam um movimento migratório rumo ao norte, possivelmente em busca de águas mais quentes e maior oferta de alimento. Desse modo, o litoral dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro registram o aparecimento dessas aves em grande número até o final da primavera (BOERSMA & WILLIAMS, 1995; CRANFIELD, 2003; SILVA-FILHO & RUOPPOLO, 2007).

É constatada a morte em expressiva maioria dos indivíduos encalhados e os poucos que chegam às praias ainda vivos apresentam condição de saúde demasiadamente debilitada, com quadros de desnutrição e hipotermia. Centros de reabilitação animal integrantes do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS), mantidos pela PETROBRAS, realizam monitoramentos ao longo da costa desses estados e os recolhem a fim de recuperá-los às condições adequadas de saúde (PETROBRAS, 2021).

Certamente, fatores ambientais influenciam no número de ocorrências dos pinguins no sul e sudeste brasileiros, onde uma notável oscilação nos registros é verificada todos os anos. A variação nos índices de El Niño Oscilação Sul (ENOS) pode ajudar a explicar a disparidade nesses números, já que o ENOS reflete uma anomalia na temperatura da superfície do mar (TSM) (GLANTZ, 1991; TRENBERTH, 1991; VINCENTI, 2004).

Os padrões dinâmicos da Corrente do Brasil (CB) e da Corrente das Malvinas (CM), cujas convergem na área da Confluência Brasil-Malvinas (CBM) (SILVEIRA *et al.*, 2000), podem vir ainda a influenciar no máximo alcance dos pinguins quando estes migram ao norte, já que há a possibilidade destes serem transportados passivamente pelo fluxo das massas d'água existentes na plataforma continental.

Posto isto, o presente trabalho investiga possíveis conexões entre eventos de migração dos pinguins-de-Magalhães, considerando suas ocorrências no litoral sul e sudeste do Brasil, e índices de ENOS, entre os anos de 2015 e 2022. Adicionalmente, serão apresentadas projeções de deslocamento dos indivíduos durante suas migrações, no período de 2015 a 2020.

1.1. Taxonomia e bioecologia dos pinguins-de-Magalhães *Spheniscus magellanicus*

Sendo classificado como uma ave marinha, o pinguim-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*) pertence à ordem dos Sphenisciformes, família Spheniscidae. É endêmico da América do Sul e nidifica em áreas continentais. Além da referida espécie, outras três compõem o gênero *Spheniscus*: *S. demersus* (pinguim-africano), *S. humboldti* (pinguim-de-Humboldt) e *S. mendiculus* (pinguim-de-Galápagos). Em oposição ao *S. magellanicus*, as demais espécies citadas nidificam em ilhas oceânicas (FOWLER & CUBAS, 2001).

Mais de 63 colônias de nidificação de *S. magellanicus* são identificadas na região da Patagônia, tanto em sua costa pacífica quanto na atlântica. As observações se estendem 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). (BOERSMA & WILLIAMS, 1995; SIMEONE *et al.*, 2003; FALABELLA *et al.*, 2009).

Somando 84% da população total do pinguim-de-Magalhães, as 13 principais colônias se encontram na costa do Oceano Atlântico, incluindo costa continental, Terra do Fogo e Ilhas Malvinas/Falklands. Tais colônias se encontram 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).

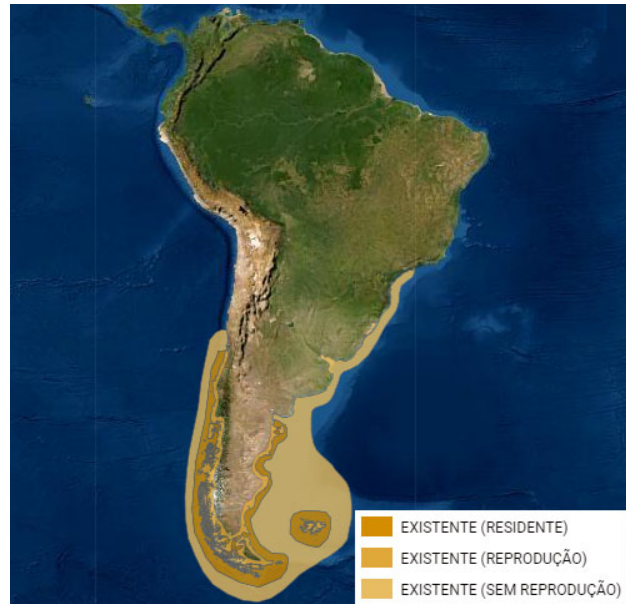


Figura 1. Zona de endemismo e nidificação de *Spheniscus magellanicus* nas costas atlântica e pacífica, em marrom mais escuro e marrom intermediário; em marrom mais claro indica o alcance migratório. Fonte: IUCN, 2020.

A população total da espécie é estimada entre 1,1 e 1,6 milhões de pares, o que equivale entre 2,2 e 3,2 milhões de indivíduos maduros. Contabiliza-se que 900 mil casais procriem ao longo da costa argentina, aproximadamente (BOERSMA *et al.*, 2015).

Diferentemente da grande maioria das espécies de aves, os pinguins são desprovidos da capacidade de alçar voo. Em contrapartida, adquiriram adaptações ao longo de sua evolução que os tornaram excepcionais nadadores e mergulhadores (BOERSMA & WILLIAMS, 1995).

Características próprias deste grupo taxonômico, tais como a presença de um par de asas modificado em nadadeiras, patas localizadas de forma posterior, membranas interdigitais e ossos não pneumáticos, além de corpo fusiforme, possibilitam que *S. magellanicus* seja altamente especializado para viver e utilizar o ambiente pelágico da melhor maneira. (BOERSMA & WILLIAMS, 1995).

Apresentando altura média entre 65 e 70 centímetros, os indivíduos da espécie atingem massa corpórea em torno de 1,2 quilos quando juvenis. Já adultos, esses valores saltam para 4 a 5 quilos (VOOREN & ILHA, 1995; NACINOVIC, 2005). Registra-se maturidade sexual a

partir dos quatro aos cinco anos para as fêmeas e entre seis e sete anos nos machos. Em indivíduos de vida livre, é alcançada uma expectativa de vida na ordem de oito a dez anos (VOOREN & ILHA, 1995; VENEGAS, 1999).

Normalmente, a distinção entre juvenis e adultos é facilmente detectada pelo padrão de coloração de suas penas. A plumagem nos juvenis se apresenta em uma escala de tons de negro-acinzentado no dorso, área externa das nadadeiras, regiões frontal, posterior e superior da cabeça; já seu tórax, ventre, lado interno das nadadeiras e listra ao redor da face são brancas (VOOREN & ILHA, 1995).

Em oposição aos juvenis, é observado nos adultos cores bem definidas em todo o seu corpo e delimitação mais notável no seu padrão; as penas ganham uma coloração de negro mais intenso, com a região torácica e ventral sendo contornada por uma listra negra (VOOREN & ILHA, 1995) (Figura 2).

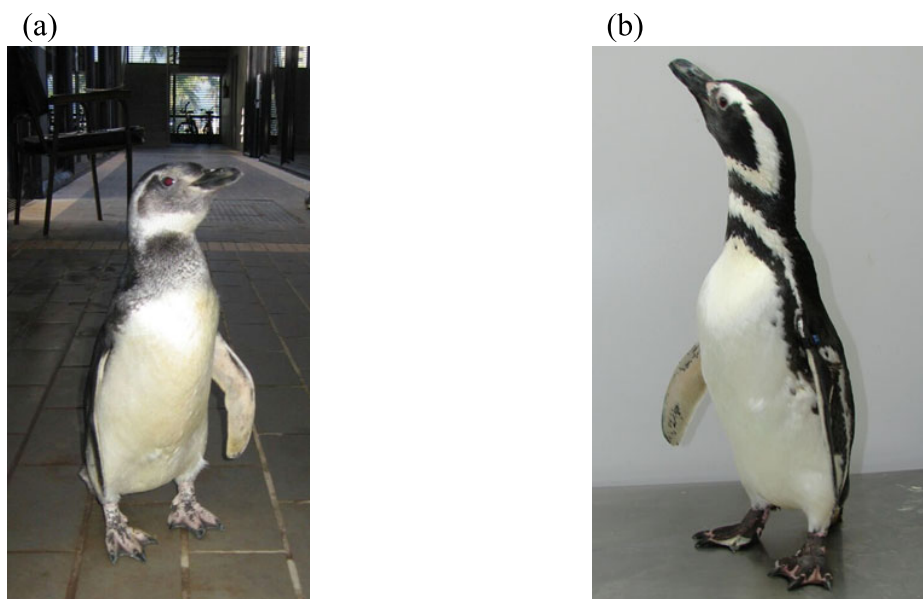


Figura 2. Indivíduos (a) juvenil e (b) adulto de *Spheniscus magellanicus*. Fotos: Gustavo Dutra, 2016.

A dieta do pinguim-de-Magalhães é considerada altamente variada, sendo possível elencar diversos grupos taxonômicos presentes em seus hábitos alimentares. Entre peixes, cefalópodes e crustáceos estão neste rol: *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).

Durante o forrageamento, ato de procurar e caçar o alimento, os pinguins-de-Magalhães podem realizar mergulhos consideravelmente profundos. Há registros médios entre 11,8 e 28,4 metros e máximos de 50 a 91 metros (SCOLARO & SUBURO, 1991; PETERS *et al.*, 1998; WALKER & BOERSMA, 2003); duração média de 1,2 minutos e máxima de 4,6 minutos (WALKER & BOERSMA, 2003). Sua tolerância ótima quanto à temperatura das águas fica em torno de 7°C a 30°C (WILLIAMS, 1995). Cinco épocas compõem o ciclo de vida anual da espécie, relacionadas na tabela a seguir:

Tabela 1. Ciclo de vida anual do pinguim-de-Magalhães *Spheniscus magellanicus*.

Época	Período	Descrição	Fonte
Repovoamento das colônias (“pinguineras”)	setembro	Comportamento de nidificação e acasalamento é iniciado na região da Patagônia. Machos chegam às colônias primeiro e escolhem o ponto de nidificação. Ninhos escavados entre 23 e 62,9 centímetros de profundidade.	BOERSMA <i>et al.</i> , 1990; STOKES & BOERSMA, 1991.
Cópula, incubação e eclosão dos ovos	outubro a novembro	Postura de ovos (dois, normalmente) com incubação de aproximadamente 40 dias. A eclosão ocorre nas primeiras três semanas de novembro.	BOERSMA <i>et al.</i> , 1990; YORIO & BOERSMA, 1994.
Criação da prole	dezembro a fevereiro	Filhotes são supervisionados constantemente. Pais revezam cuidados entre si, refletindo em forrageamento com alto nível de sucesso.	BOERSMA & WILLIAMS, 1995.
Muda da plumagem	março a abril	Com a perda de sua impermeabilidade, adultos ficam impossibilitados de forragear no mar entre duas e três semanas (homeostase corporal ficaria fragilizada). Independência dos filhotes.	BOERSMA & WILLIAMS, 1995.
Migração invernal	maio a agosto	Permanecem em alto mar por um longo período, geralmente seguindo rumo ao norte da região patagônica. Alcançam o litoral das regiões sul e sudeste do Brasil.	BOERSMA & WILLIAMS, 1995; CRANFIELD, 2003; SILVA-FILHO & RUOPPOLO, 2007.

1.2. El Niño Oscilação Sul (ENOS)

Popularmente conhecido somente por "El Niño", o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) - batizado assim por Walker em 1923 (GRIMM, 2015) ocorre no Oceano Pacífico Tropical e possui abrangência global, influenciando e alterando os regimes climáticos em todo planeta Terra (GLANTZ, 1991; TRENBERTH, 1991).

Sua incidência se dá entre a costa oeste da América do Sul, aproximadamente na latitude 12°S (costas equatoriana e peruana), e a costa leste do Sudeste Asiático e Oceania (GLANTZ, 1991; TRENBERTH, 1991).

Tal fenômeno oceano-atmosférico se caracteriza pela observação de anomalias na temperatura da superfície do mar (TSM) e de pressão atmosférica na região entre Darwin, ao norte da Austrália e o Taiti (GLANTZ, 1991; TRENBERTH, 1991).

O ENOS apresenta duas fases que se alternam ao longo dos anos: uma quente, denominada El Niño, e outra fria, chamada La Niña. Registros de anomalias na TSM positivos, a partir de valores iguais ou maiores que 0,5 °C, por pelo menos cinco meses seguidos, indicam fase de El Niño. Já cinco meses seguidos, ao menos, de anomalias negativas, com valores iguais ou menores que -0,5 °C refletem a fase de La Niña (ROPELEWISKI & JONES 1987). Ao longo do registro histórico de temperaturas, El Niño ocorre em 31% do tempo e La Niña em 23% (TRENBERTH, 1997).

Durante a fase de El Niño, além da TSM ser mais elevada que o habitual, também é observado um aumento da pressão atmosférica na região de Darwin, enquanto na região do Taiti se registra uma baixa. Em contraposição a isto, as fases de La Niña apresentam situação contrária (GLANTZ, 1991; TRENBERTH, 1991).

Alguns fatores oceanográficos e meteorológicos contribuem para a ocorrência dessa oscilação na TSM e na pressão atmosférica no Oceano Pacífico Tropical. Para que o El Niño ocorra, os ventos alísios devem estar fracos, o que consequentemente estabelece uma zona de baixa pressão na costa do Peru, além de afetar as correntes locais (VINCENTI, 2004).

A dinâmica da Corrente de Humboldt (CH), que margeia toda a costa oeste da América do Sul - tomando rumo do sul ao norte -, se torna mais fraca, sendo menos capaz de carregar consigo as águas subantárticas (AS), conhecidamente mais frias e produtivas, para a costa peruana (VINCENTI, 2004).

Assim, as correntes equatoriais também são enfraquecidas, fazendo com que uma contracorrente ganhe força. Esse movimento de massa d'água quente, advinda do Sudeste Asiático e Oceania, onde a pressão atmosférica está mais alta, alcança o Peru (VINCENTI, 2004).

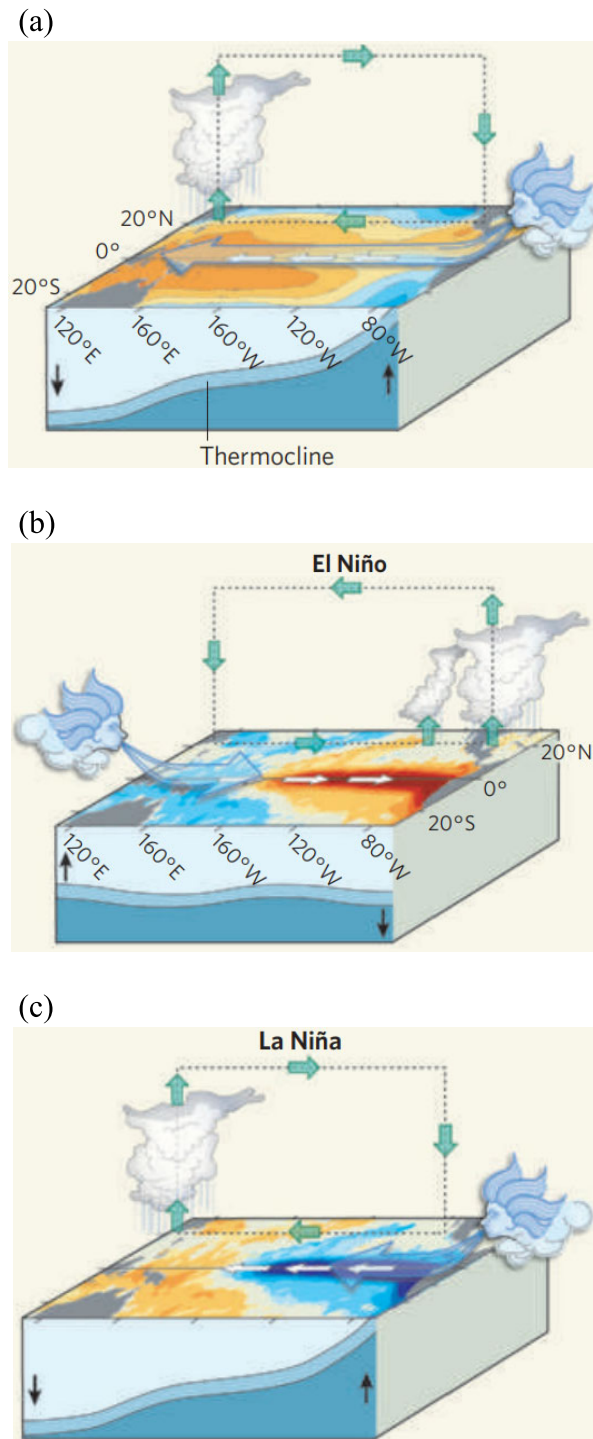


Figura 3. Demonstração da dinâmica do El Niño Oscilação Sul: (a) situação de neutralidade, (b) ocorrência de El Niño, (c) ocorrência de La Niña. Tons alaranjados remetem à temperaturas mais quentes, tons azulados à temperaturas mais frias. Fonte: ASHOK & YAMAGATA, 2009.

Inicialmente, "El Niño" era a forma como marinheiros e pescadores peruanos denominavam uma corrente de águas quentes que ladeavam a costa de seu país, proximamente à época das festividades de Natal. Por essa razão, o nome faz referência ao "menino Jesus" (PHILANDER, 1990). A denominação, nos dias atuais, serve para fazer referência à fase quente do ENOS, tendo na sua fase oposta "a menina" (GRIMM, 2015).

Com a alternância de fases do ENOS, é comum observar que ao ocorrer El Niño, a umidade relativa do ar seja baixa em regiões tropicais, enquanto que esse índice é alto em regiões além-trópicos. Mais uma vez, ocorrendo La Niña, o cenário se inverte, com umidade alta nas regiões dos trópicos e baixa nas regiões não-tropicais (GLANTZ, 1991; TRENBERTH, 1991).

Desse modo, consequências climáticas também são percebidas na costa leste da América do Sul, com influência nos índices de umidade e, conseqüentemente, no regime pluviométrico dessa área, bem como em outros continentes (GRIMM, 2015).

Em anos de El Niño, na região sul do Brasil, há temperaturas mais elevadas no inverno, com maior precipitação, umidade e eventos de tempestade durante a primavera. Já na região sudeste, a primavera tem umidade mais baixa e temperaturas altas. Secas são registradas nas regiões norte e nordeste. Por sua vez, em anos de La Niña, registra-se seca no sul e tempo chuvoso no nordeste (RAO & HADA, 1990; CHU, 1991; STUDZINSKI, 1995; GRIMM, 2015).

1.3. Confluência Brasil-Malvinas (CBM)

Uma das regiões oceânicas mais interessantes, do ponto de vista de sua dinâmica é a Confluência Brasil-Malvinas (CBM), também conhecida como Convergência Subtropical. Ocorre numa zona onde a Corrente do Brasil (CB) e a Corrente das Malvinas (CM) confluem, entre 33°S e 38°S (SVERDRUP *et al.*, 1942; SILVEIRA *et al.*, 2000), de onde seguem a formação de fortes instabilidades e vórtices.

Ladeando a costa leste da América do Sul, a CB e a CM fluem de modo independente entre si. Ambas possuem dinâmicas próprias, influenciadas pelos distintos padrões de circulação dos ventos. São responsáveis por transportarem diferentes massas d'água, com variações em suas características físico-químicas, bem como na temperatura, salinidade e densidade (PETERSON & STRAMMA, 1991).

Na plataforma continental sul e sudeste do Brasil, entre 21°S e 33°S, a CB transporta para o sul as massas d'água denominadas Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (CASTRO FILHO *et al.*, 2006). Enquanto isso, na plataforma continental da Argentina, entre 35°S e 55°S, a CM carrega consigo para o norte a Água Subantártica (AS) (PIOLA & RIVAS, 1997). Na região da Convergência, há ainda a influência da descarga continental da Água da Pluma do Plata (APP) (PIOLA *et al.*, 2005).

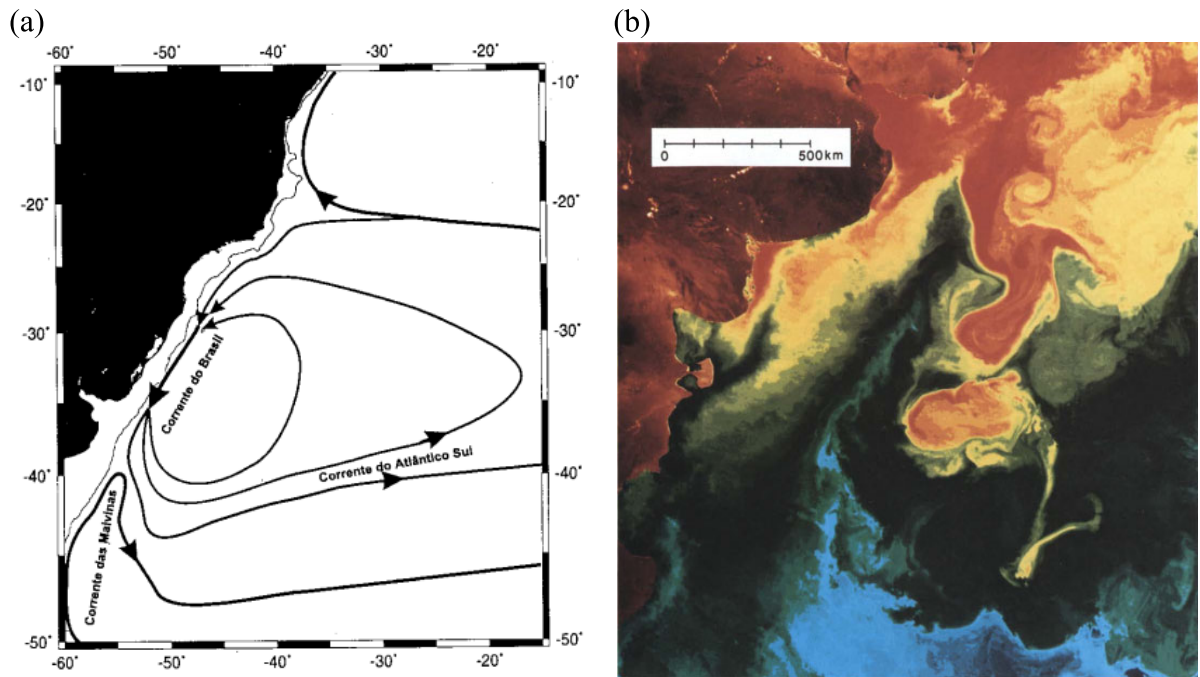


Figura 4. (a) Circulação nas plataformas continentais da Argentina e do sul e sudeste brasileiros, demonstrando os fluxos da CB, CM e Corrente do Atlântico Sul (CAS); (b) Imagem de sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) captando a CBM: tons avermelhados e amarelados (CB) remetem à temperaturas mais quentes, tons esverdeados e azulados (CM) à temperaturas mais frias; é possível observar a presença de vórtices na região da confluência. Fonte: OLSON *et al.*, 1988; SILVEIRA *et al.*, 2000.

A Corrente Sul Equatorial (CSE) - uma das integrantes do Giro Subtropical - ao alcançar a costa leste da América do Sul, se bifurca e dá origem a duas correntes: a Corrente Norte do Brasil (CNB) e a CB. Enquanto a primeira se direciona ao norte, a segunda transporta massas d'água ao sul (PETERSON & STRAMMA, 1991).

Essa bifurcação ocorre a 10°S, onde a AT também é formada, em razão da elevada irradiação solar e altos índices de evaporação se comparados aos de precipitação (DEFANT, 1936). Sendo detectada até os 200 metros de profundidade e caracterizada por ser quente e salina, a AT registra temperaturas acima dos 25°C e salinidade maior que 36,5‰. Conforme a

CB a transporta para o sul, a temperatura e salinidade decaem para 20°C e 36‰, respectivamente (DEACON, 1933; EMÍLSSON, 1961).

Com a subsidência da AT na região da Convergência Subtropical (33°S a 38°S), há seu espalhamento horizontal em seguida, formando a ACAS, que se caracteriza por ser mais fria (SVERDRUP *et al.*, 1942). Esta, então, integra o Giro Subtropical e também alcança a América do Sul pela CSE. A partir de 22°S, é transportada pela CB ao longo da costa sul e sudeste brasileira. A ACAS está disposta na camada logo abaixo da AT, entre 400 e 750 metros de profundidade (WÜST 1935; DEFANT, 1941; EVANS & SIGNORINI 1985; STRAMMA & ENGLAND, 1999). Sua temperatura fica entre 6°C e 20°C, com salinidade entre 34,6‰ e 36,2‰ (MIRANDA *et al.*, 1985).

Mais fria e menos salina, a AS se origina a partir da Corrente Circumpolar Antártica (CCA), próximo à Passagem de Drake, em 55°S. Seu surgimento se dá, mais especificamente, na Frente Subantártica (FS) (PETERSON & STRAMMA, 1991; TALLEY *et al.*, 2011). Fluindo ao norte por meio da CM, é registrada da superfície até uma profundidade de 500 metros e apresenta temperaturas entre 4°C e 14°C, além de salinidade entre 33‰ e 34‰. Conforme se verifique os índices termohalinos rumo ao norte, há uma tendência para que elevações sejam detectadas (TALLEY *et al.*, 2011).

Além da confluência entre a CB e a CM na zona de Convergência, tal região ainda conta com a desembocadura do rio de La Plata, localizada entre 35°S e 36°S. Registrando vazão média de 23.000 m³/s, tal descarga de águas continentais impactam significativamente nos padrões de circulação ali presentes na plataforma continental em questão (PEREIRA, 1989). No inverno, a temperatura da pluma formada pelo deságue possui mínima de 10°C e média de 11,3°C, com salinidade máxima de 33,5‰ e média de 26,4‰ (PIOLA *et al.*, 2000; MÖLLER *et al.*, 2008).

A pluma se espalha lateralmente na região costeira (MÖLLER *et al.*, 2008), rumo ao norte no inverno (até 28°S) e rumo ao sul no verão (até 32°S) (SOARES & MÖLLER, 2001; ZAVIALOV *et al.*, 2002; PIOLA *et al.*, 2005) coincidindo com a posição da CBM mais ao norte no inverno e mais ao sul no verão, igualmente (OLSON *et al.*, 1988). Ainda em razão dos ventos atuantes, AT, ACAS e AS se misturam verticalmente à APP, determinando se é CB ou CM a corrente mais influente no sistema CBM (MÖLLER *et al.*, 2008).

1.4. Ocorrência dos pinguins-de-Magalhães no Brasil

Com os eventos anuais de migração invernal, em que os pinguins-de-Magalhães partem de suas colônias e rumam ao norte da Patagônia, milhares de indivíduos alcançam a costa brasileira. Sua ocorrência é registrada no litoral entre os estados do Rio Grande do Sul (33°) e do Rio de Janeiro (21°S) (FRERE *et al.*, 1996; SICK, 1997). Dados de períodos remotos, fósseis da espécie encontrados nesse trecho de praias sustentam a hipótese de que o hábito migratório e consequente alcance dessas aves no Brasil ocorram há tempos (GASPAR 1999). Registros incomuns foram anotados no nordeste (5°S a 13°S) em 2008 (ROSS, 2008).

Possivelmente acompanhando o transporte de massas d'água pela CM (WILLIAMS, 1995; SICK, 1997), os pinguins são induzidos a seguir os abundantes cardumes de anchoítas (FRERE *et al.*, 1996). A população do pescado, que segue a variação latitudinal da CBM em direção ao Brasil no período invernal (PÜTZ *et al.*, 2007), pode ser maximizada devido a variações nos níveis de PP. Estas concentrações podem ser influenciadas por eventos ENOS (NOERNBERG *et al.*, 2007). A partir de outubro, a maior atuação da CB na CBM resulta no deslocamento mais para o sul das águas frias da CM (CASTELLO, 1998). A consequência é uma escassez de recursos alimentares para os pinguins que estejam nas águas da plataforma continental do sul e sudeste do Brasil (STRIEDER, 1992; FONSECA *et al.*, 2001).

Diariamente, centros de reabilitação animal participantes do Projeto de Monitoramento de Praias (PMP-BS), mantido pela PETROBRAS, realizam monitoramentos nas praias entre os estados de Santa Catarina e do Rio de Janeiro (PETROBRAS, 2021). Durante as rondas, as equipes especializadas resgatam pinguins encalhados, cuja condição de saúde é extremamente debilitada, na maioria dos casos. Geralmente, grave estado de inanição e exaustão é registrado nos animais encontrados, além dos altos índices de mortalidade que frequentemente são anotados, atestados pela literatura (WILLIAMS, 1995; SICK, 1997; SANTOS *et al.*, 2019).

Os principais assuntos abordados sobre as ocorrências no Brasil são acerca (1) das condições biológicas de animais encontrados nas faixas litorâneas (PETRY *et al.*, 2004; BALDASSIN *et al.*, 2010; MARQUES *et al.*, 2018) e (2) impactos resultantes de atividades humanas (MÄDER *et al.*, 2010; CARDOSO *et al.*, 2011; PETRY *et al.*, 2012; FOGLIARINI *et al.*, 2019). Recentemente, análises oceanográficas foram feitas para encalhes no Rio de Janeiro (NOGUEIRA, 2018) e em São Paulo (BRUSIUS *et al.*, 2021). As relações entre variabilidade climática e mortalidade de pinguins-de-Magalhães também foram investigadas ao estudar os efeitos do ENOS neste tema (TAVARES, 2019).

2. JUSTIFICATIVA

O presente trabalho foi pensado a partir do seguinte questionamento: eventos de El Niño Oscilação Sul (ENOS) podem vir a influenciar na ocorrência dos pinguins-de-Magalhães no sul e sudeste brasileiros, mais especificamente no litoral contido entre os estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro? Concomitantemente, o estudo simulado para a trajetória percorrida pela espécie durante as migrações se apresenta como pioneiro na literatura especializada nacional. Trabalhos em andamento, ou ainda futuros, para a conservação e proteção da espécie podem se beneficiar com a captação de maiores informações sobre o tema.

3. OBJETIVOS

Objetivo Geral

Examinar possíveis correlações entre a ocorrência de indivíduos da espécie *Spheniscus magellanicus* no litoral brasileiro, desde o Estado de Santa Catarina até o Estado do Rio de Janeiro, e padrões nos eventos de El Niño Oscilação Sul (ENOS), por meio de análises estatísticas.

Objetivos Específicos

- (1) Levantar e realizar a contabilização das 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 2022;
- (2) Analisar e explicar como as ocorrências de *S. magellanicus* no litoral contido entre os estados de Santa Catarina e do Rio de Janeiro podem estar correlacionadas ao padrão comportamental dos eventos de El Niño Oscilação Sul (ENOS);
- (3) Demonstrar projeções de deslocamentos dos pinguins-de-Magalhães desde a Patagônia argentina rumo ao sul e sudeste do Brasil, por meio de uma ferramenta de trajetórias lagrangeanas (*Ocean Parcels*), no período compreendido entre 2015 e 2020.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O litoral compreendido entre os municípios de Laguna (28°61'S, 48°85'O) e Saquarema (22°93'S, 42°36'O), entre os estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro (zona em que foram realizados os resgates dos exemplares de *Spheniscus magellanicus* recolhidos pelo PMP-BS), apresenta aproximadamente 2.013 quilômetros de costa (PETROBRAS, 2019). Tal trecho, em constante monitoramento pelo projeto, está localizado entre o Cabo de Santa Marta (28°60'S, 48°81'O) e o Cabo Frio (23°S, 42°O).

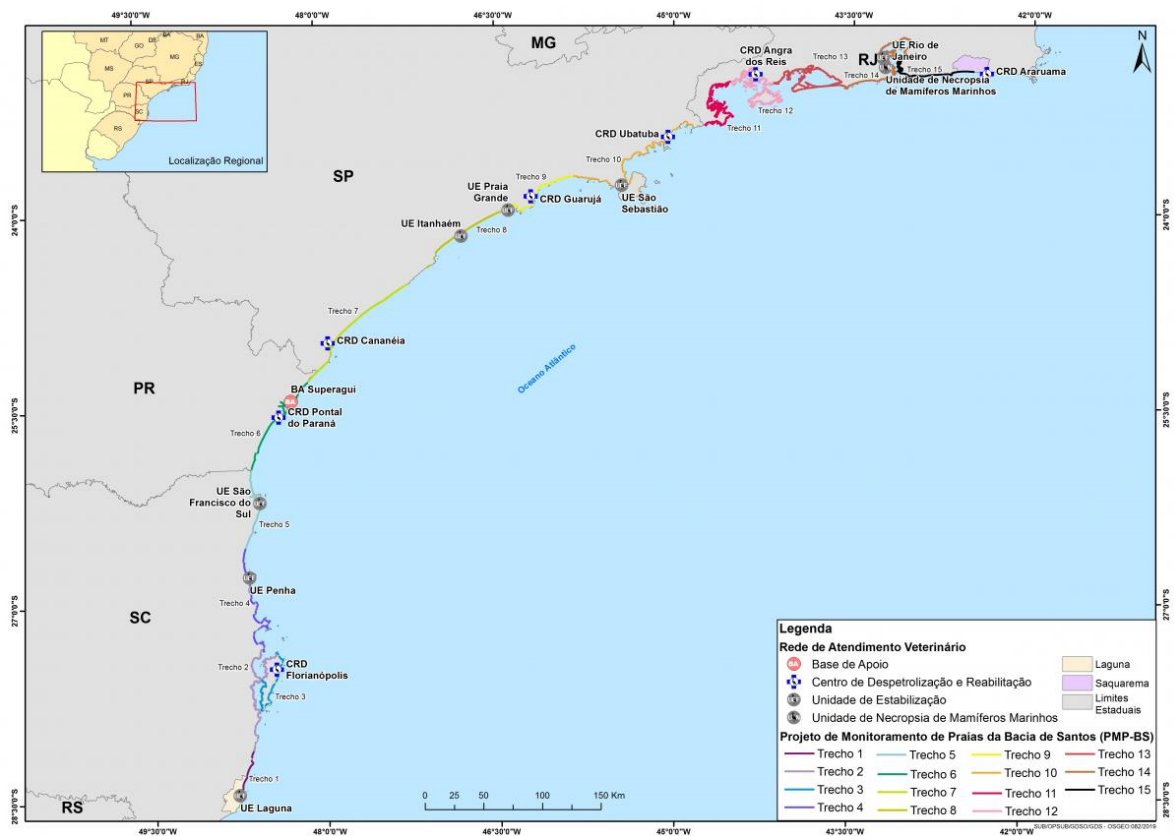


Figura 5. Localização do litoral contido entre os municípios de Laguna e Saquarema, desde o Estado de Santa Catarina até o Estado do Rio de Janeiro, com as extensões demarcadas de cada trecho monitorado. Fonte: PETROBRAS, 2021.

Para que a empresa estatal do ramo de petróleo e gás natural PETROBRAS possa obter o licenciamento ambiental, a fim de exercer atividades de produção e escoamento de petróleo e gás na Bacia de Santos, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) determinou que fosse implementado o PMP-BS a partir de

2015, sendo então considerado uma das diversas condicionantes exigidas pela autarquia ambiental federal (PETROBRAS, 2021).

Assim, a extensão litorânea objeto do presente estudo foi demarcada em 15 trechos pela empresa, de acordo com características geográficas e questões de ordem logística. Cada trecho está sob a gestão de uma instituição especializada em resgate e reabilitação animal, sendo responsável por realizar o monitoramento e atendimento médico-veterinário aos animais debilitados avistados (PETROBRAS, 2019).

Tabela 2. Instituições gestoras do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS) e respectivos trechos de atuação. 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 Gremar	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 dos eventos de El Niño Oscilação Sul (ENOS) e da Confluência Brasil-Malvinas (CBM).

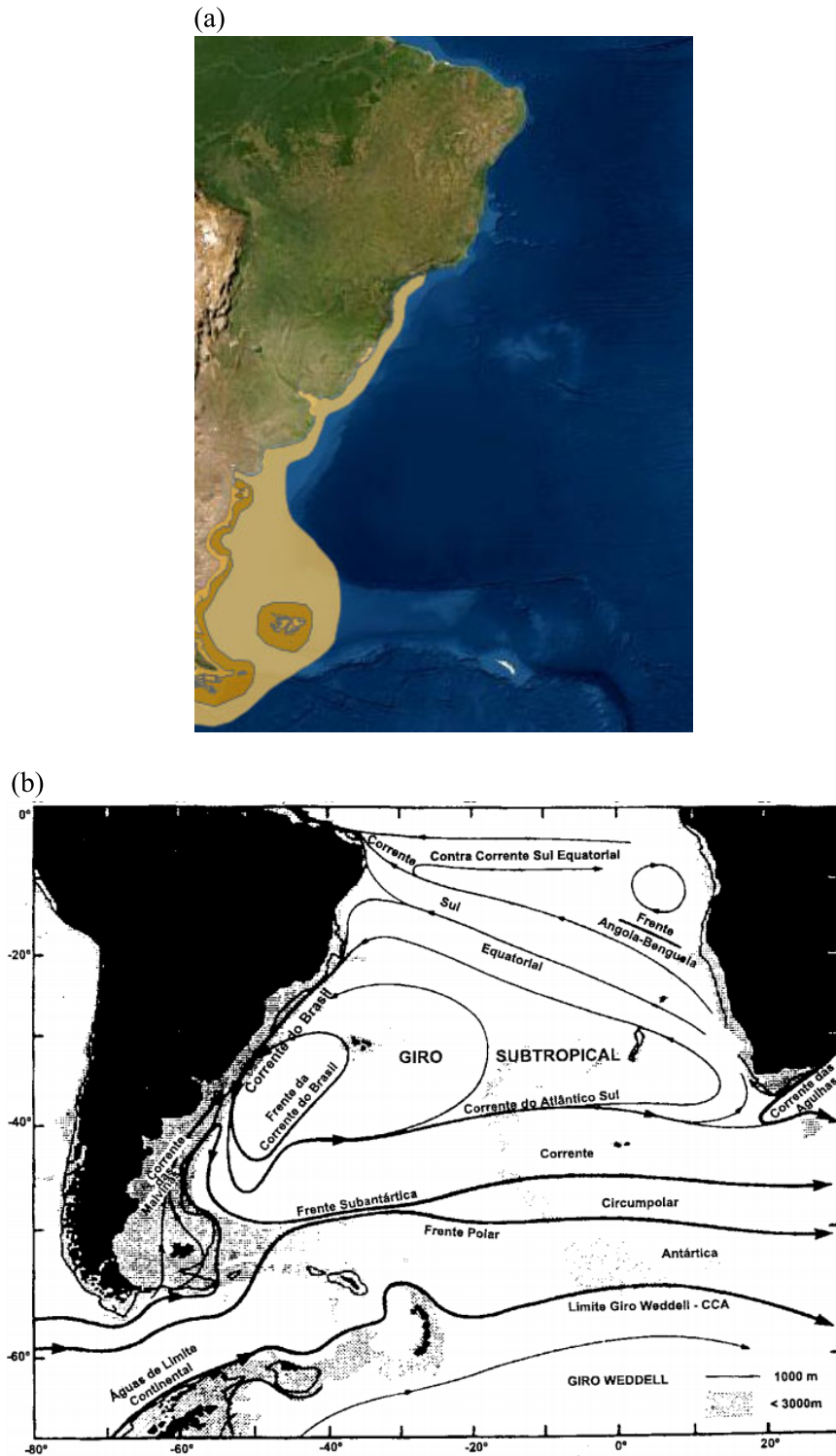


Figura 6. (a) Área de ocorrência de *Spheniscus magellanicus*, no Oceano Atlântico Sudoeste; (b) Dinâmica das correntes e zona de ocorrência da CB e CM no Oceano Atlântico Sudoeste. Fonte: PETERSON & STRAMMA, 1991; IUCN, 2020.

4.2. Coleta e tratamento dos dados

4.2.1. Dados de ocorrências dos pinguins-de-Magalhães

A apuração com relação aos encalhes e ocorrências foi possibilitada a partir dos dados de domínio público disponibilizados pela plataforma SIMBA (Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática) [<https://simba.petrobras.com.br/simba/web/>], desenvolvida pela PETROBRAS. Foram coletados dados de ocorrências no trecho litorâneo delimitado entre os municípios de Laguna e de Saquarema, referente ao período de agosto de 2015 a agosto de 2022, contabilizando, portanto, uma série temporal de sete anos. O tratamento estatístico, cálculos e gráficos foram elaborados a partir do software Microsoft Excel 365.

4.2.2. Dados dos eventos de El Niño Oscilação Sul (ENOS)

Os dados de El Niño Oscilação Sul (ENOS) foram acessados a partir do banco de dados de domínio público disponibilizado pela plataforma do *Climate Prediction Center* [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php], mantido pelo Serviço Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos, sendo uma das seis agências científicas que compõem a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) - a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica estado-unidense.

Foram resgatados os dados mensais entre agosto de 2015 e agosto de 2022 para o Índice Niño Oceânico (INO), cujo é uma medida do ENOS. Tal índice mostra as anomalias abaixo e acima do normal para a temperatura da superfície do mar (TSM), em que períodos frios e quentes são determinados com base em um limite de $\pm 0,5$ °C. O banco de dados remonta desde o ano de 1950, ininterruptamente até a atualidade, e a zona de captação das informações pela agência está no quadrante inserido em 5°N, 120°O; 5°S, 170°O (NATIONAL WEATHER SERVICE, 2022).

Porém, cada dado não é formado pelo índice absoluto do referido mês, mas sim pela média aritmética contínua de três meses, sendo entre os meses anterior, alvo e subsequente (NATIONAL WEATHER SERVICE, 2022). Para explicitar melhor o método, a seguir um breve exemplo: o índice de ENOS para janeiro de 2022 foi fornecido através da média aritmética entre os índices dos meses de dezembro de 2021, janeiro de 2022 e fevereiro de 2022 (sigla DJF). Bem como os dados referentes às ocorrências dos pinguins, o tratamento

estatístico, cálculos e gráficos para os eventos de ENOS foram elaborados a partir do software Microsoft Excel 365.

4.2.3. Projeções de deslocamento dos pinguins-de-Magalhães

Por meio do software *Python*, utilizou-se o modelo *Hybrid Coordinate Ocean Model* (HYCOM) a fim de se obter dados para correntes marinhas, reanalisadas pelo modelo numérico oceânico *Regional Ocean Model System* (ROMS), na plataforma continental do Oceano Atlântico Sudoeste e parte ocidental do Oceano Atlântico Sul, entre 2015 e 2020.

Então, o modelo de trajetórias lagrangeanas *Ocean Parcels* foi utilizado, ainda no *Python*, para estimar o deslocamento dos pinguins-de-Magalhães. Nas projeções, foi considerada a partida de um pinguim, simplesmente advectado pelas correntes locais, saindo da coordenada 45°00' S, 65°00" O - ponto próximo à costa, no sul da Patagônia argentina.

O movimento de dispersão à deriva dos pinguins foi simulado para diferentes datas entre 2015 e 2020: início da primavera (20/09), primavera média (20/10), início do verão (20/12), início do outono (20/03) e início do inverno (20/06). Foram simulados 90 dias na evolução das trajetórias. Esse deslocamento advectivo inicial pode favorecer muito o alcance dos pinguins nas regiões da Plataforma Continental Sul e Sudeste do Brasil uma vez que, em determinados períodos, algumas centenas de quilômetros podem ser percorridos sem grandes esforços.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registradas 35.291 ocorrências de indivíduos da espécie *Spheniscus magellanicus* na extensão litorânea alvo, durante os 85 meses estudados. O montante mais expressivo foi percebido para o estado de Santa Catarina ($n = 22.501$). O estado de São Paulo demonstrou a segunda maior incidência ($n = 6.503$). Em terceiro, o estado do Paraná ($n = 5.677$), e em seguida o estado do Rio de Janeiro, ($n = 610$). Santos (2021) registrou em seu estudo a mesma ordem no ranking por ocorrências de pinguins entre 2015 e 2020.

O Estado do Rio de Janeiro não apresenta dados para os anos de 2015 a 2017 em razão do PMP-BS ter iniciado os monitoramentos no referido litoral somente em julho de 2018. Ainda assim, uma imensa discrepância de ocorrências é vista de 2018 a 2022 se for comparado aos demais estados (Tabela 3), assim como observado por Santos (2021).

Tabela 3. Números de pinguins resgatados pelo PMP-BS por estados por ano.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Santa Catarina	1.020	1.588	1.177	6.865	2.696	2.405	4.745	2.005
Paraná	87	137	27	2.918	510	560	1.029	409
São Paulo	363	91	30	2.146	921	1.758	877	317
Rio de Janeiro	NA	NA	NA	115	8	391	67	29
Total	1.470	1.816	1.234	12.044	4.135	5.114	6.718	2.760

Verificando as taxas de ocorrência, o estado do Paraná aparece em primeiro lugar com 53,82 pinguins km^{-1} ; em segundo está o estado de Santa Catarina contabilizando 43,17 pinguins km^{-1} ; em seguida o estado de São Paulo com 16,02 pinguins km^{-1} ; por último o estado do Rio de Janeiro, registrando somente 0,62 pinguins km^{-1} . Já a taxa para o trecho em sua integralidade foi de 17,53 pinguins km^{-1} . Santos (2021) obteve, igualmente, o estado do Paraná com a mais alta taxa de ocorrência, em detrimento dos demais.

Ao observar o número de pinguins contabilizados para cada trecho de 1 quilômetro por ano, os estados apresentaram discrepâncias entre si: Paraná com 7,6 pinguins $\text{km}^{-1}\text{ano}^{-1}$; Santa Catarina com 6,1 pinguins $\text{km}^{-1}\text{ano}^{-1}$; São Paulo com 2,26 pinguins $\text{km}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e Rio de Janeiro com 0,15 pinguins $\text{km}^{-1}\text{ano}^{-1}$. A taxa total foi de 2,47 pinguins $\text{km}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

Logo, em ambas as modalidades de taxa, Paraná e Santa Catarina apresentaram índices acima do relativo à taxa total, enquanto os índices ficaram abaixo para os demais estados. Embora Santos (2021) também tenha obtido esses dois estados acima das taxas totais, São Paulo da mesma forma apresentou taxas mais elevadas naquela oportunidade, o que não ocorreu no presente estudo, refletindo uma oscilação para baixo.

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 ($n = 4.135$), 2020 ($n = 5.114$), 2021 ($n = 6.718$) e 2022 ($n = 2.760$). Do mesmo modo como em Santos (2021), o ano de 2018 se destaca sendo o de maior contingente, ao passo que 2017 foi o de menor índice de resgates (Figura 7).

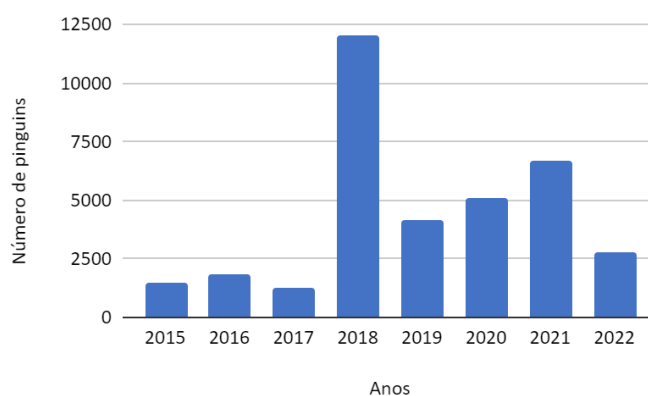


Figura 7. Números totais de pinguins resgatados pelo PMP-BS por ano.

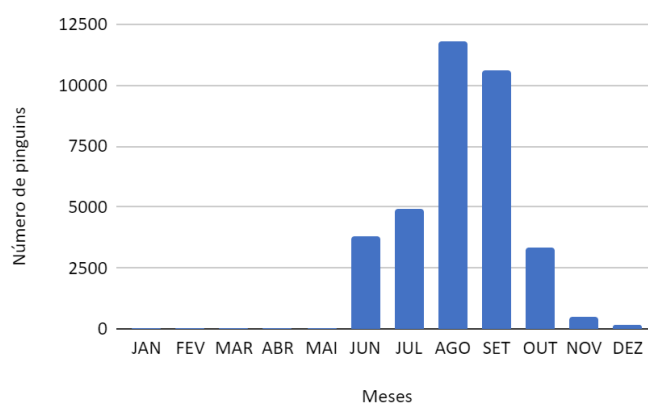


Figura 8. Números totais de pinguins resgatados pelo PMP-BS por mês.

Os resultados totais para os meses variaram significativamente, com números para janeiro ($n = 15$), fevereiro ($n = 8$), março ($n = 22$), abril ($n = 13$), maio ($n = 60$), junho ($n =$

3.818), julho (n = 4.952), agosto (n = 11.800), setembro (n = 10.590), outubro (n = 3.369), novembro (n = 511), dezembro (n = 133). Mensurou-se ainda o índice médio de ocorrências por meses, obtendo-se janeiro (n = 2,14), fevereiro (n = 1,14), março (n = 3,14), abril (n = 1,86), maio (n = 8,57), junho (n = 545,4), julho (n = 707,4), agosto (n = 1.475), setembro (n = 1.512,9), outubro (n = 481,3), novembro (n = 73), dezembro (n = 19) (Figura 8).

Apenas 118 indivíduos foram observados entre janeiro e maio, o que representa somente 0,3% do total. Enquanto isso, entre junho e setembro, observou-se 31.160 pinguins, o equivalente a 88% das incidências (Tabela 4). No estudo de Santos (2021), essas taxas percentuais são equivalentes às obtidas no presente trabalho.

Os meses de janeiro a julho de 2015 não foram considerados para o estudo em razão do PMP-BS ter iniciado suas atividades em agosto do referido ano. Já o período de setembro a dezembro de 2022 não foi inserido na contabilização pois os dados estavam disponíveis apenas até o mês de agosto, muito possivelmente por ausência de atualização da plataforma SIMBA.

Tabela 4. Quantificação de pinguins resgatados pelo PMP-BS por meses a cada ano.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Janeiro	NA	7	6	0	1	0	1	0	15
Fevereiro	NA	0	2	0	2	1	1	2	8
Março	NA	2	11	1	4	2	1	1	22
Abril	NA	1	2	7	2	0	1	0	13
Maio	NA	13	0	3	3	4	7	30	60
Junho	NA	164	70	44	76	2.724	5	735	3.818
Julho	NA	374	781	1.211	344	901	483	858	4.952
Agosto	184	289	208	4.386	2.242	462	2.895	1.134	11.800
Setembro	576	616	16	5.207	1.301	396	2.478	NA	10.590
Outubro	459	323	5	1.103	148	520	811	NA	3.369
Novembro	220	18	70	70	12	94	27	NA	511
Dezembro	31	9	63	12	0	10	8	NA	133
Total	1.470	1.816	1.234	12.044	4.135	5.114	6.718	2.760	35.291

Da mesma forma, tal como obtido por Santos (2021), o período referente aos meses invernais demonstram os maiores índices de ocorrências, com milhares de registros. Os meses de janeiro a maio apresentam a mesma tendência obtida no estudo citado: apenas dezenas de resgates registrados. O baixo índice de ocorrências no início do ano coincide com a época da criação da prole, que ocorre de dezembro a fevereiro, onde os pais ainda são responsáveis por alimentar e proteger os filhotes nascidos em novembro (BOERSMA & WILLIAMS, 1995; SILVA-FILHO & RUOPPOLO, 2007).

Outro evento que dá suporte a esses dados é a época de muda da plumagem, costumeiramente ocorrida entre março e abril, em que os indivíduos praticamente não adentram ao mar em razão da sua impermeabilidade estar reduzida totalmente, ou mesmo ausente (BOERSMA & WILLIAMS, 1995).

Ainda que inicie a época de migração invernal, o mês de maio apresenta números reduzidos de pinguins, já que os indivíduos ainda têm um longo percurso a seguir até que sejam registrados os seus encalhes no litoral sul e sudeste do Brasil (BOERSMA & WILLIAMS, 1995; CRANFIELD, 2003; SILVA-FILHO & RUOPPOLO, 2007).

Mesmo com repetidas tentativas de realizar a coleta de informações sobre a ontogenia, a plataforma SIMBA apresentava erros sucessivamente ao gerar o arquivo a ser baixado, referente aos estados de Santa Catarina e do Paraná. Portanto tais informações foram possíveis de serem coletadas e analisadas somente para os estados de São Paulo e do Rio de Janeiro.

Para o estado de São Paulo, 86,9% (n = 5.652) eram juvenis, 2,0% (n = 128) eram adultos e 11,1% (n = 723) com estágio de desenvolvimento indeterminado. Já para o Estado do Rio de Janeiro, 95,4% (n = 582) eram juvenis, 1,8% (n = 11) eram adultos, 0,2% (n = 1) era filhote e 2,6% (n = 16) com estágio de desenvolvimento indeterminado. Santos (2021) apresentou resultados semelhantes quanto à ontogenia: na ocasião, os juvenis representavam 84,1%, os adultos 4,23%, filhotes 0,04% e estágio de desenvolvimento indeterminado 11,63%.

O alto contingente de juvenis verificado pode ser explicado pela ainda baixa experiência no enfrentamento às adversidades encontradas no mar, tanto de origens naturais quanto de origens antrópicas, além da sua ainda diminuta aptidão física contra a exaustão, se comparados com os adultos, que obtiveram uma baixa representatividade nos índices.

O único pinguim filhote recolhido, no estado do Rio de Janeiro, já morto no mês de agosto de 2020, muito provavelmente estava à deriva por um longo tempo, já que os filhotes se tornam juvenis entre fevereiro e março (BOERSMA & WILLIAMS, 1995). Uma outra explicação para isso seria que, excepcionalmente, a incubação e eclosão do ovo tenha ocorrido de forma tardia, considerando o ciclo de vida anual da espécie (BOERSMA *et al.*, 1990; YORIO & BOERSMA, 1994).

Ao verificar a condição de vida, somente 8% (n = 2.823) foram resgatados vivos. Já em 92% dos animais (n = 32.468) foi registrada a morte no momento do resgate. Considerando o que foi verificado por Santos (2021), no presente estudo os percentuais referentes à condição de vida sofreram queda de 0,5% com relação aos vivos e consequente aumento de 0,5% com relação aos mortos, ainda assim não fugindo ao padrão encontrado no trabalho citado.

Como já mencionado anteriormente nos Materiais e Métodos, o Índice Niño Oceânico (INO) foi disponibilizado de forma que cada índice representa a média obtida por três meses seguidos, apresentado abaixo (Tabela 5).

Tabela 5. Índices Niño Oceânico (INO), com anomalias da temperatura da superfície do mar para ENOS; médias de três meses. Valores em vermelho indicam El Niño; já em azul, La Niña.

	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2015									2,2	2,4	2,6	2,6
2016	2,5	2,1	1,6	0,9	0,4	-0,1	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,6
2017	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	-0,1	-0,4	-0,7	-0,8	-1
2018	-0,9	-0,9	-1	-0,5	-0,2	0	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9	0,8
2019	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5
2020	0,5	0,5	0,4	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,6	-0,9	-1,2	-1,3	-1,2
2021	-1	-0,9	-1	-0,7	-0,5	-0,4	-0,4	-0,5	-0,7	-0,8	-1	-1
2022	-1	-0,9	-1	-1,1	-1	-0,9	-0,8					

Dessa forma, para que os cálculos estatísticos entre os números de INO e de ocorrência de pinguins fossem corretamente realizados, os dados de incidência das referidas aves foram adaptados para o mesmo sistema (Tabelas 6 a 10).

Os registros médios das ocorrências para AMJ (abril, maio, junho), MJJ (maio, junho, julho), JJA (junho, julho, agosto), JAS (julho, agosto, setembro), ASO (agosto, setembro, outubro), SON (setembro, outubro, novembro), OND (outubro, novembro, dezembro), apresentam índices consideravelmente mais elevados do que os registros médios de NDJ (novembro, dezembro, janeiro), DJF (dezembro, janeiro, fevereiro), JFM (janeiro, fevereiro, março), FMA (fevereiro, março, abril), MAM (março, abril, maio).

Tabela 6. Ocorrência de *Spheniscus magellanicus* no litoral total entre os estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro; médias de três meses cada.

	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2015									406,3	418,3	236,6	86
2016	12,6	3	1	5,3	59,3	183,6	275,6	426,3	409,3	319	116,6	11
2017	5,6	6,3	5	4,3	24	283,6	353	335	76,3	30,3	46	44,3
2018	21	0,3	2,6	3,6	18	419,3	1.880,3	3.601,3	3.565,3	2.126,6	395	27,6
2019	5	2,3	2,6	3	27	141	887,3	1.295,6	1.230,3	487	53,3	4
2020	0,3	1	1	2	909,3	1.209,6	1.362,3	586,3	459,3	336,6	208	35
2021	4	1	1	3	4,3	165	1.127,6	1.952	2.061,3	1.105,3	282	11,6
2022	3,3	1	1	10,3	255	541	909					

Tabela 7. Ocorrência de *Spheniscus magellanicus* no estado de Santa Catarina; médias de três meses cada.

	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2015									302	286	117,6	40
2016	7,6	2,6	1	5,3	56,3	172,3	251,6	384,6	349,6	269,6	85,6	5,6
2017	2,6	5	4,3	3,6	22,6	270,3	335,6	319	72	30	45,6	44,3
2018	21	0	2	3	17,3	389,6	1.257,3	2.053	1.880,6	1.026	218	16
2019	2	1	1,3	1,3	22,3	111,6	578,6	841	783,3	318,6	34,3	2,3
2020	0,3	0,6	0,6	1,6	433	573	671	266,6	206,6	128	101,3	21,6
2021	1,3	1	0,6	1,6	2,3	123,6	814,6	1.356,6	1.449,3	763,6	221,6	7,6
2022	1,6	11	10,6	22,3	723,6	2.061	4.619,3					

Tabela 8. Ocorrência de *Spheniscus magellanicus* no estado do Paraná; médias de três meses cada.

	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2015									19,6	25,6	20,6	9,3
2016	1	0	0	0	1,3	5	7	22	38,6	38	22,3	2,6
2017	1,3	0,6	0	0	0,3	6	8	7,6	2,3	0,3	0,3	0
2018	0	0	0,3	0,3	0,6	13,6	202,6	884	951,3	768,6	88	7,3
2019	1,3	0,3	0,6	0,6	1,6	15,3	107,3	152,6	152,6	61,6	15,3	1,3
2020	0	0	0	0	52,6	79	99,3	68,6	104	86	65,3	3,6
2021	1,3	0	0,3	0,3	0,6	9,6	106,6	300,6	331	235,6	41,6	2
2022	0,3	0	0	1,3	29	42,6	135					

Tabela 9. Ocorrência de *Spheniscus magellanicus* no estado de São Paulo; médias de três meses cada.

	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2015									84,6	106,6	98,3	36,6
2016	4	0,3	0	0	1,6	6,3	17	19,6	21	11,3	8,6	2,6
2017	1,6	0,6	0,6	0,6	1	7,3	9,3	8,3	2	0	0	0
2018	0	0,3	0,3	0,3	0	15,6	392,6	626,6	696	322	88,3	3,6
2019	0,6	0,6	0,3	1	3	13,6	199,6	299,6	292,3	106	3,6	0,3
2020	0	0,33	0,33	0,33	401	461	476	147,3	116,3	108,6	37,3	8,3
2021	1	0	0	1	1,3	25	186,6	272,6	265,3	103,3	18,3	2
2022	1,3	0,3	0,3	3	50,6	69	102,6					

Tabela 10. Ocorrência de *Spheniscus magellanicus* no estado do Rio de Janeiro; médias de três meses cada.

	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2018								37,6	37,3	10	0,6	0,6
2019	1	0,3	0,3	0	0	0,3	1,6	2,3	2	0,6	0	0
2020	0	0	0	0	22,6	96,6	116	103,6	32,3	14	4	1,3
2021	0,3	0	0	0	0	6,6	19,6	22	15,6	2,6	0,3	0
2022	0	0	0	0,3	5,6	9	9,3					

No entanto, quanto mais se restringe os registros médios àqueles que contém em seu limite inferior o mês de junho e em seu limite superior o mês de outubro, tais como JJA, JAS e ASO, os índices de ocorrências se apresentam ao nível das centenas ou até dos milhares. Essa observação se deve, justamente, em razão de serem períodos em que os pinguins são resgatados com maior frequência, vide Figura 8.

A partir dos dados obtidos para ocorrência de pinguins e INO (eventos ENOS), foram verificadas as correlações entre os dois grupos, testando-se *lags* de 0 a 12 meses (Tabela 11). Um *lag* de 6 meses, por exemplo, indica que obteve-se a correlação entre uma variável *x* e outra *y*, esta ocorrida 6 meses à frente daquela primeira mencionada.

As maiores correlações observadas foram: (a) 9 meses para o litoral total ($r = -0,27$); (b) 8 meses para Santa Catarina ($r = -0,29$); (c) 9 meses para o Paraná ($r = -0,28$); (d) 9 meses para São Paulo ($r = -0,20$); (e) 6 meses para o Rio de Janeiro ($r = 0,21$). Então, foram gerados gráficos de correlação cruzada, das maiores correlações registradas (Figura 9).

Tabela 11. Correlações entre ocorrências de pinguins e INO para cada *lag* (em meses), por estados; as maiores estão destacadas em negrito.

<i>Lags</i>	Litoral Total	Santa Catarina	Paraná	São Paulo	Rio de Janeiro
0	0,010470111	-0,105202121	0,04164067	0,049719446	-0,092395941
1	-0,014430985	-0,133543377	0,005537079	0,031931508	-0,048442071
2	-0,032223625	-0,156490994	-0,021067786	0,020712025	0,011995211
3	-0,052513811	-0,173490937	-0,050341742	0,000279405	0,092886636
4	-0,088840643	-0,187098238	-0,09686576	-0,032409963	0,163701029
5	-0,134938803	-0,21153858	-0,152422066	-0,073762842	0,201750623
6	-0,182553702	-0,250030387	-0,207850836	-0,113994062	0,210683135
7	-0,222523977	-0,273928973	-0,247088328	-0,15564477	0,195779244
8	-0,252536552	-0,286405053	-0,277352691	-0,184394537	0,1537911
9	-0,265852354	-0,274690948	-0,284175939	-0,202828801	0,097802428
10	-0,254979696	-0,254694151	-0,273377077	-0,186844729	0,048657438
11	-0,214505321	-0,21367356	-0,22908848	-0,146100808	0,053910397
12	-0,159612879	-0,177840256	-0,169251653	-0,089900239	0,104241171



Figura 9. Correlações cruzadas das maiores correlações obtidas entre ocorrências de pinguins e INO para (a) litoral total, (b) Santa Catarina, (c) Paraná, (d) São Paulo, (e) Rio de Janeiro.

De acordo com Cohen (1988), valores entre 0,1 e 0,29 são fracos, 0,3 a 0,49 moderados e de 0,5 a 1 fortes. Desse modo, os valores demonstram correlações fracas, porém próximas de serem consideradas moderadas para o litoral total, Santa Catarina e Paraná. Para São Paulo e Rio de Janeiro também foram obtidas correlações fracas, mas essencialmente fracas, nesse caso. São observadas correlações tendendo para negativas no litoral total, nos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Para o estado do Rio de Janeiro, a correlação tende a ser positiva.

Assim, correlações positivas observadas significam que quanto mais positivo o INO há uma maior tendência com relação ao número de ocorrências de pinguins ser mais elevado. Ou seja, em anos que tendem a ser de El Niño há uma maior tendência, mesmo que suave, para que haja, em seguida, mais encalhes de pinguins nas praias do litoral do Rio de Janeiro.

Por outro lado, as correlações negativas observadas refletem que quanto mais negativo o INO, maior é a tendência de haver maximização no número de ocorrências. Logo, em anos que tendem a ser de La Niña, na sequência, a tendência é de que os registros de pinguins nas praias sejam aumentados no litoral total e nos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo.

No estudo de Mäder *et al.* (2010), os anos em que se registrou maior ocorrência de carcaças de pinguins-de-Magalhães no litoral do estado do Rio Grande do Sul foram anos com fortes índices ENOS: em 1990 e 1997 (El Niño) e em 1999 e 2008 (La Niña), com correlação $r = 0,35$ para ambos eventos.

Claramente, as correlações entre INO e ocorrências de pinguins não são extremamente elevadas, não sendo consideradas fortes, muito menos extremamente fortes em nenhum dos estados em razão das demais variáveis ambientais existentes não incluídas nas análises. Desse modo, índices ENOS não são capazes de explicar sozinhos os encalhes. Muitas variáveis podem vir a exercer influência nas ocorrências, pois o ambiente marinho é extremamente dinâmico.

Em trabalho anterior, Santos (2021) obteve correlações significativas entre o número de incidências e os índices de produtividade primária (PP) no Oceano Atlântico Sul. Esta variável, por sua vez, ainda é dependente de outras variáveis, tais como a taxa de radiação solar efetiva; temperatura e salinidade; disponibilidade de clorofila; dinâmica das massas d'água e a dinâmica das correntes regionais e globais.

Como em anos de La Niña os registros da TSM são mais frios, isso pode vir a favorecer o aumento da PP. Consequentemente, as populações alvo da dieta dos pinguins se beneficiariam e se maximizariam, dentro dos *lags* verificados. Diversos autores (FRERE *et al.*, 1996; MARQUES *et al.*, 2018; SANTOS, 2021) abordam sobre a hipótese de que os pinguins-de-Magalhães migram até o Brasil ao seguir a oferta de alimento, principalmente dos cardumes de anchoítas argentinas (*Engraulis anchoita*), uma de suas principais presas.

Santos (2021) propôs que em anos onde a PP fosse mais elevada, e consequente oferta de anchoítas, o número de ocorrências de pinguins também seria maior no Brasil. É plausível,

ainda, considerar que correlações entre dados de anomalia para TSM no Oceano Atlântico Sudoeste e ocorrências dos pinguins-de Magalhães retornem valores mais fortes do que as obtidas no presente estudo. Tal hipótese pode ser considerada levando-se em conta que aqueles seriam mais restritos geograficamente à presente área de estudo, enquanto o INO é medido no Oceano Pacífico.

As Figuras de 10 a 15 representam as projeções de deslocamento dos pinguins-de-Magalhães, a partir da Patagônia argentina, para cada ano entre 2015 e 2020. Como descrito em 4.2.3, as simulações foram realizadas considerando a dispersão de um pinguim hipotético à deriva, simplesmente advectado pelas correntes locais.

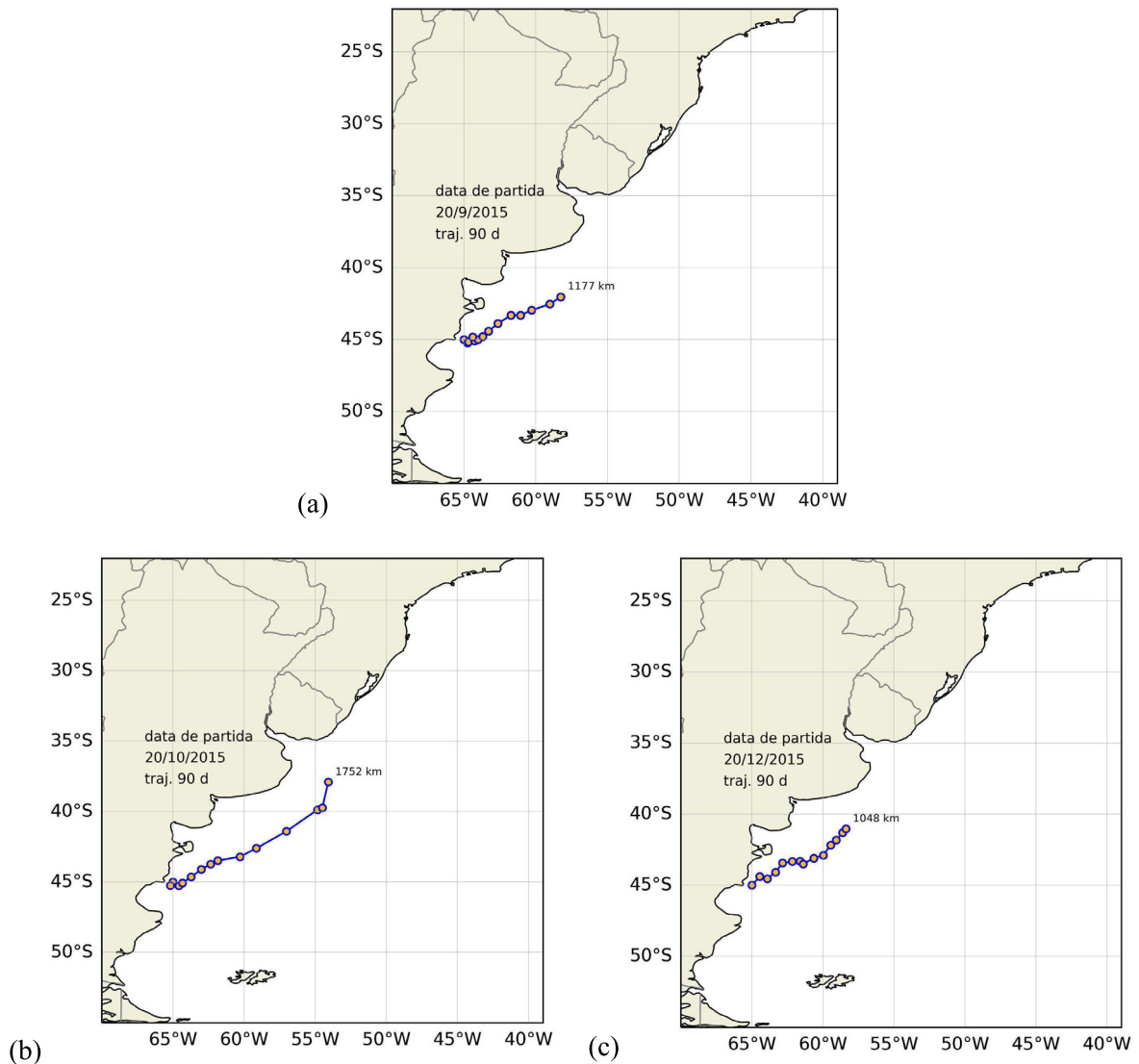


Figura 10. Simulações das trajetórias, por advecção, dos pinguins durante migração: partidas no início (a) da primavera, (b) da primavera média e (c) do verão. Cada ponto nas rotas indica uma semana de percurso. Projeções para 2015.

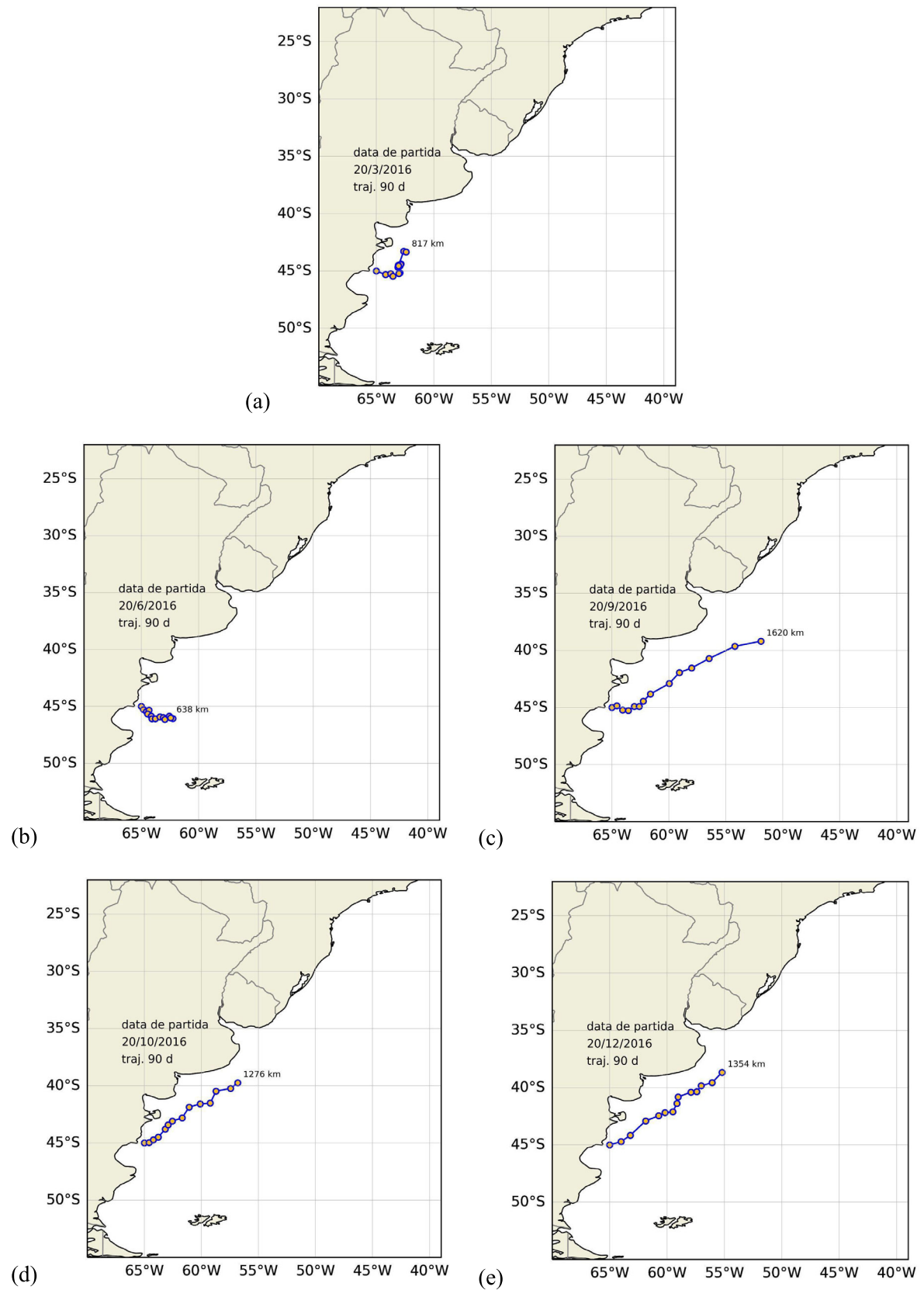


Figura 11. Simulações das trajetórias, por advecção, dos pinguins durante migração: partidas no início (a) do outono, (b) do inverno, (c) da primavera, (d) da primavera média e (e) do verão. Cada ponto nas rotas indica uma semana de percurso. Projeções para 2016.

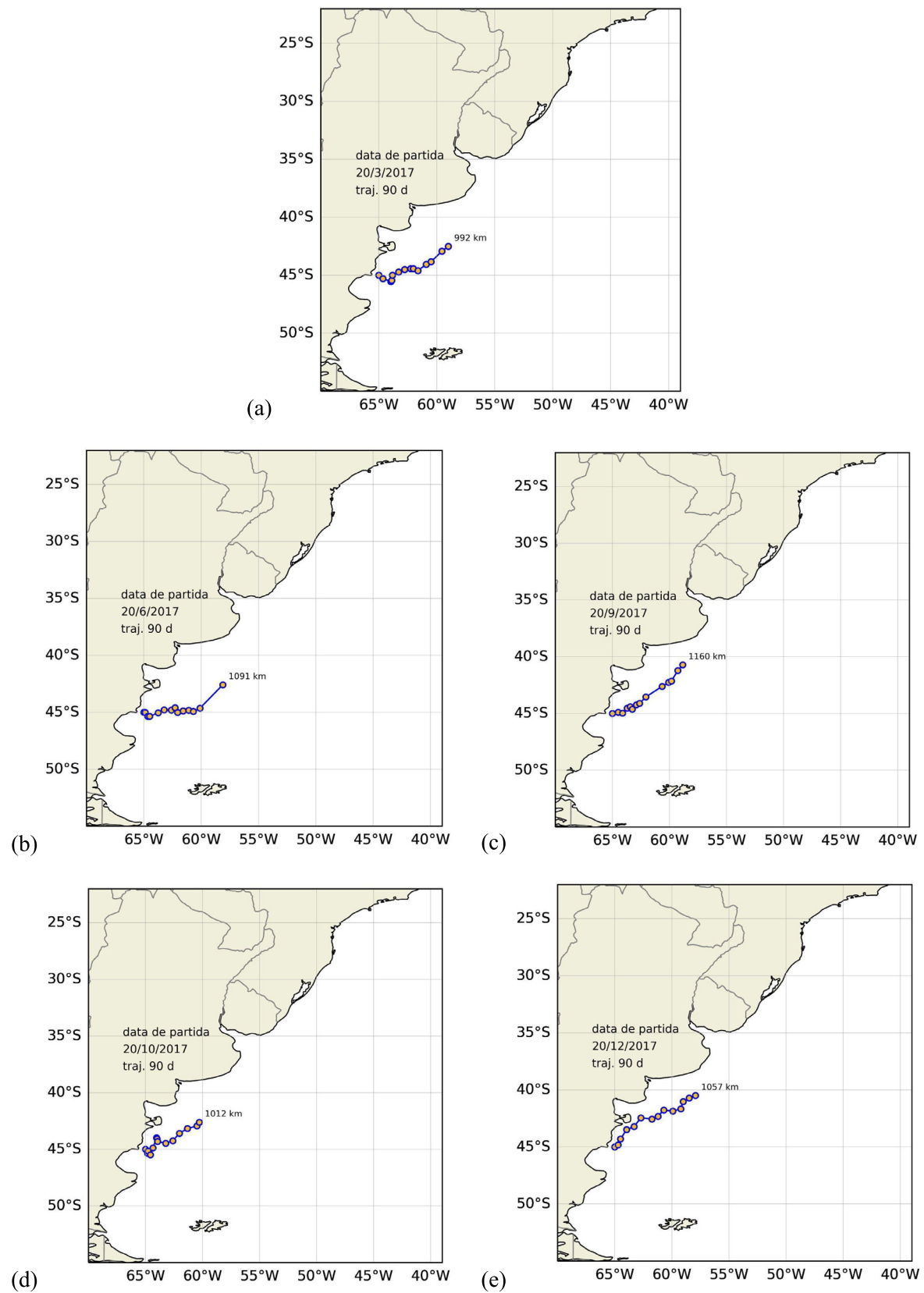


Figura 12. Simulações das trajetórias, por advecção, dos pinguins durante migração: partidas no início (a) do outono, (b) do inverno, (c) da primavera, (d) da primavera média e (e) do verão. Cada ponto nas rotas indica uma semana de percurso. Projeções para 2017.

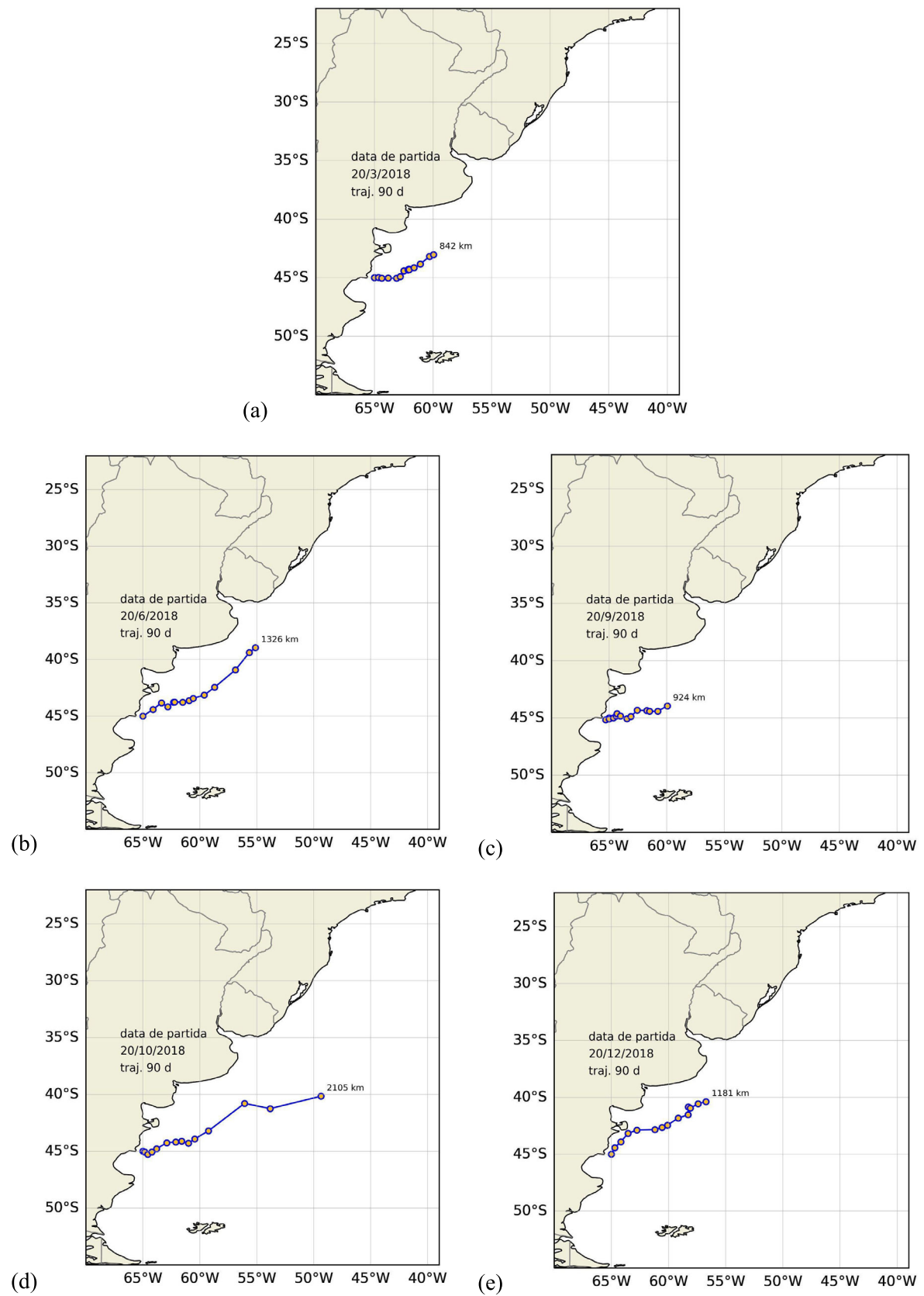


Figura 13. Simulações das trajetórias, por advecção, dos pinguins durante migração: partidas no início (a) do outono, (b) do inverno, (c) da primavera, (d) da primavera média e (e) do verão. Cada ponto nas rotas indica uma semana de percurso. Projeções para 2018.

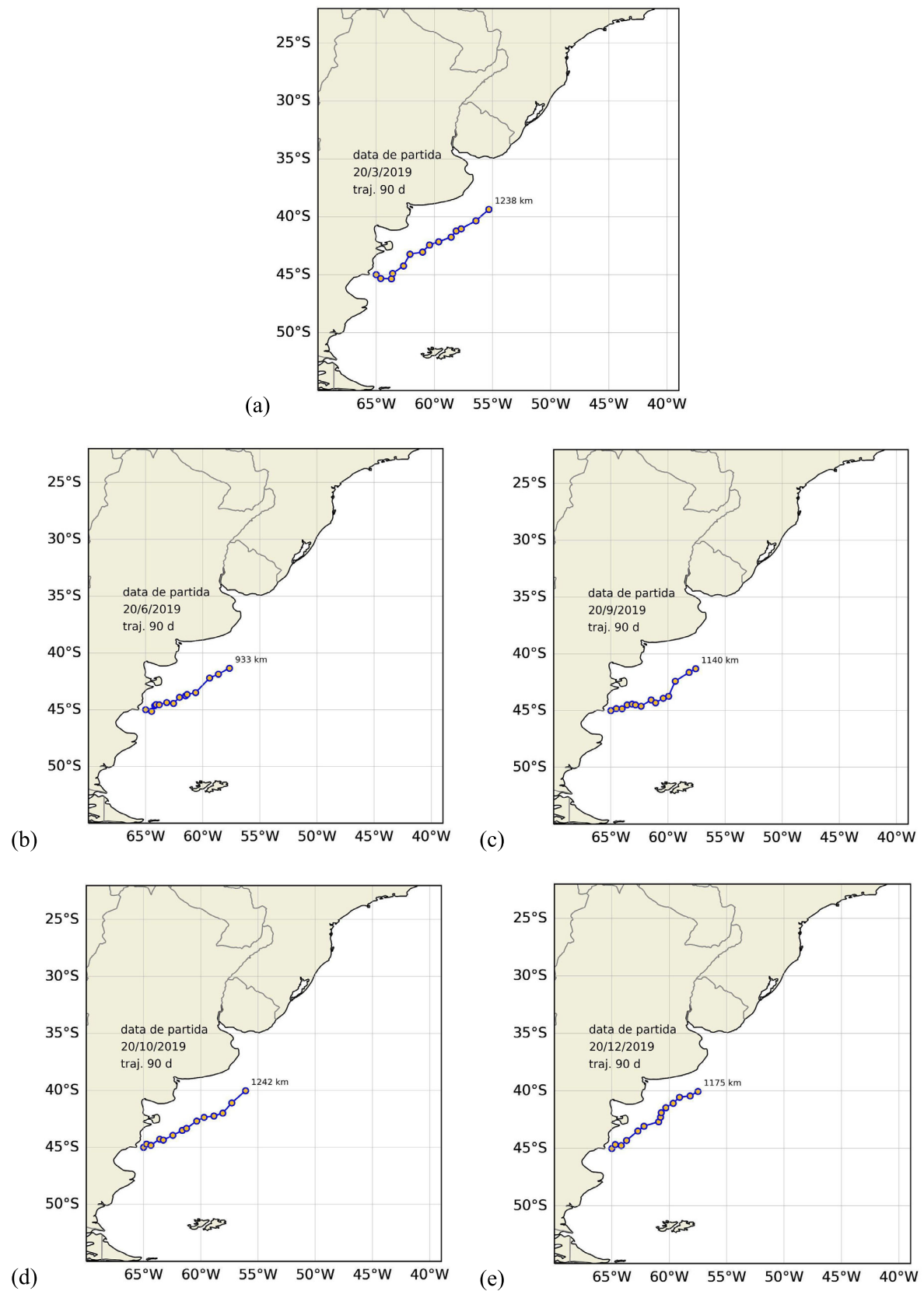


Figura 14. Simulações das trajetórias, por advecção, dos pinguins durante migração: partidas no início (a) do outono, (b) do inverno, (c) da primavera, (d) da primavera média e (e) do verão. Cada ponto nas rotas indica uma semana de percurso. Projeções para 2019.

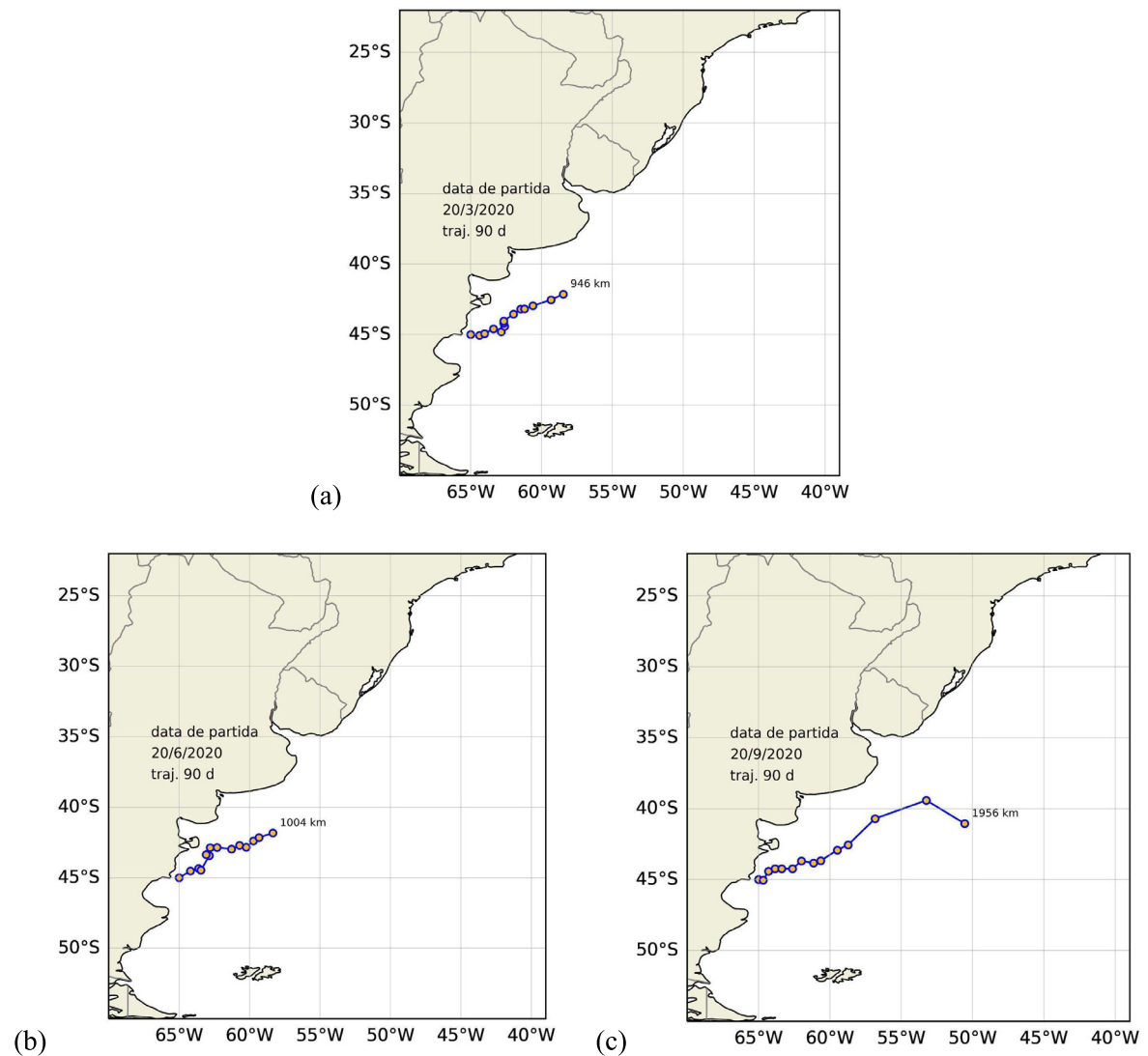


Figura 15. Simulações das trajetórias, por advecção, dos pinguins durante migração: partidas no início (a) do outono, (b) do inverno e (c) da primavera. Cada ponto nas rotas indica uma semana de percurso. Projeções para 2020.

A Tabela 12 compila as distâncias percorridas pelos pinguins na simulação realizada, cujos valores representam o total percorrido ao final de 90 dias de jornada. A partir dos dados obtidos para as distâncias percorridas, foram verificadas as correlações entre esses e os dados de ocorrência de pinguins, testando-se *lags* de 0 a 6 meses (Tabela 13).

As maiores correlações positivas observadas foram na ausência de *lag*, ou seja, em 0 meses, no (a) litoral total ($r = 0,28$); (b) em Santa Catarina ($r = 0,25$); (c) no Paraná ($r = 0,33$) e (d) em São Paulo ($r = 0,22$). Assim, a distância percorrida simplesmente à deriva é capaz de explicar 28% das ocorrências no litoral total, 25% das ocorrências em Santa Catarina, 33% no Paraná e 22% em São Paulo.

Dessa forma, é evidente o importante papel das correntes no deslocamento dos pinguins até o Brasil, em especial da CM, como já foi afirmado na literatura (SICK, 1997). No entanto, outras variáveis ambientais, como temperatura e salinidade em diversos setores, podem possibilitar uma explicação com maior clareza, considerando que os pinguins não são seres planctônicos, e não são simplesmente advectados pelas correntes, na realidade.

Com referência à Tabela 13, no estado do Rio de Janeiro não foi observada qualquer correlação positiva. As correlações negativas foram descartadas, já que não é de interesse que os valores sejam inversamente proporcionais. Então, foram gerados gráficos de correlação cruzada das maiores correlações positivas registradas (Figura 16).

Tabela 12. Distâncias percorridas pelos pinguins, ao final de 90 dias, partindo da Patagônia argentina no início de cada estação. Valores em quilômetros.

	Outono (20/03)	Inverno (20/06)	Primavera (20/09)	Primavera média (10/10)	Verão (20/12)
2015			1.177	1.752	1.048
2016	817	638	1.620	1.276	1.354
2017	992	1.091	1.160	1.012	1.057
2018	842	1.326	924	2.105	1.181
2019	1.238	933	1.140	1.242	1.175
2020	946	1.004	1.956		

Tabela 13. Correlações entre ocorrências de pinguins e distâncias percorridas para cada *lag* (em meses), por estados; as maiores positivas estão destacadas em negrito.

Lags	Litoral Total	Santa Catarina	Paraná	São Paulo	Rio de Janeiro
0	0,277665697	0,246680125	0,324863656	0,214625857	-0,096499914
1	-0,26230063	-0,307330328	-0,107995913	-0,270479856	-0,293157794
2	-0,190395601	-0,219147218	-0,137428389	-0,137182109	-0,078362507
3	-0,064078249	-0,014193972	-0,191215952	0,01303365	-0,006966028
4	-0,032111614	0,030835012	-0,114872572	-0,0547756	-0,137129614
5	-0,083917693	-0,061641992	-0,070744149	-0,106528468	-0,384009529
6	-0,215420822	-0,260013737	-0,117801143	-0,18448952	-0,104517549

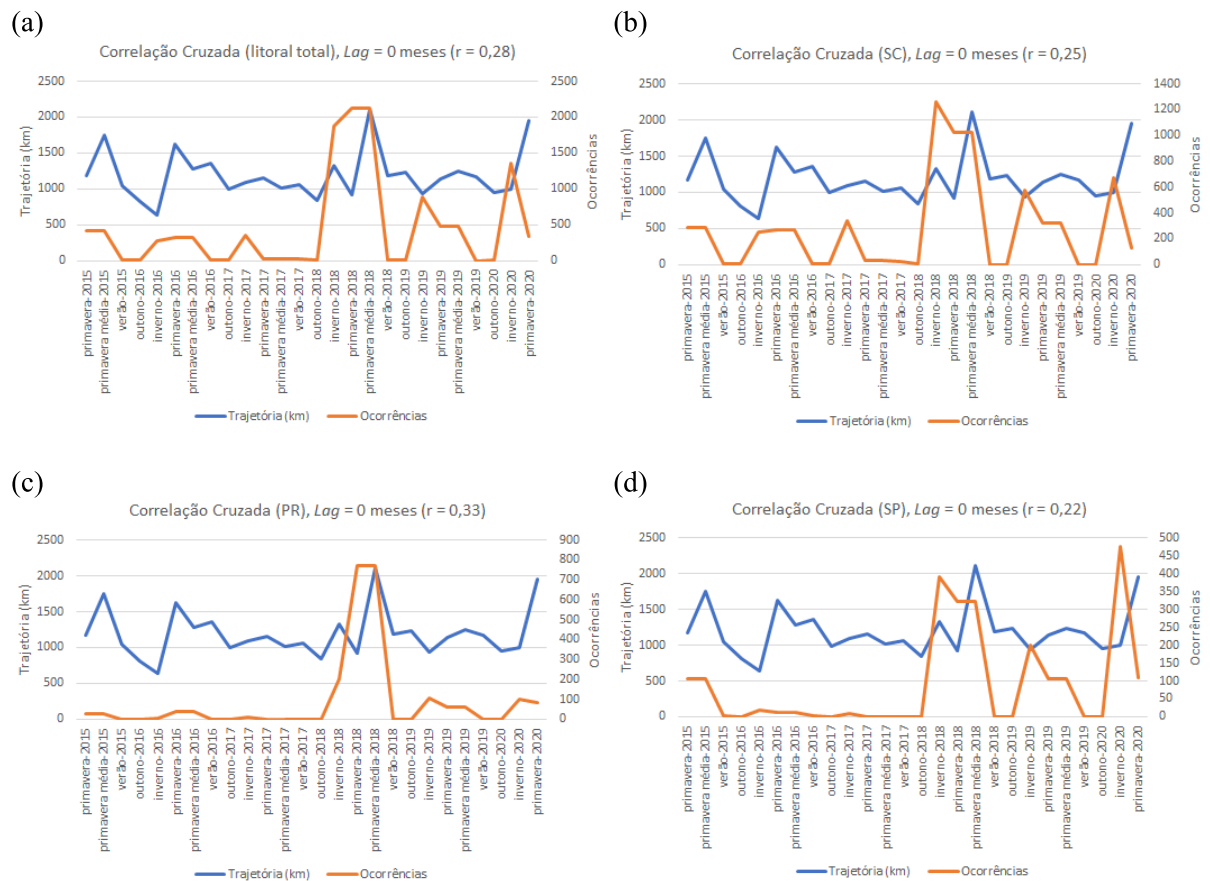


Figura 16. Correlações cruzadas das maiores correlações positivas obtidas entre ocorrências e distâncias percorridas para o (a) litoral total, (b) Santa Catarina, (c) Paraná e (d) São Paulo.

Os deslocamentos hipotéticos (Figuras 10 a 15) apontam para os seguintes questionamentos sequenciais: (i) os pinguins-de-Magalhães certamente podem ser considerados migratórios, mas até qual latitude? (ii) Realmente até o litoral brasileiro ou mais restritos à região da Patagônia? Torna-se necessário a consideração da hipótese de que até certa latitude, a resposta seja justamente um movimento migratório e, a partir do litoral brasileiro, a ocorrência seja em razão da seleção natural - tendo em vista as altas taxas de mortalidade de juvenis nas praias do sul e sudeste do Brasil.

O nível de aptidão posto à prova no enfrentamento às adversidades naturais pode servir como um mecanismo de controle populacional, tendo em vista que a espécie não se encontra em perigo de extinção, de acordo com a IUCN. Sob esta ótica, alterações no regime oceano-atmosfera, incluindo os efeitos do ENOS e dos padrões da CBM, também possuem o papel de selecionar o número de pinguins que vêm a encalhar nas praias brasileiras, ano após ano, cujos indivíduos podem representar um excedente populacional de *S. magellanicus*.

6. CONCLUSÕES

- (1) Os índices de ocorrências variam consideravelmente de acordo com a latitude: Santa Catarina e Paraná se localizam mais proximamente à região da Patagônia, se comparados aos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. A distância entre o ponto de origem e o local dos encalhes se mostra como um fator determinante na variação das ocorrências entre os estados.
- (2) O ano de 2018 obteve destaque com relação aos demais, apresentando o maior número de ocorrências no trecho de litoral estudado. Os maiores índices por meses ocorreram, justamente, no período de migração invernal, substanciando o conhecimento já reunido pela literatura acerca do seu ciclo de vida anual.
- (3) As maiores correlações entre as ocorrências e os índices ENOS foram obtidas para diferentes *lags*. Seus valores foram considerados fracos, porém, muito próximos a moderados para o litoral total, Santa Catarina e Paraná; São Paulo e Rio de Janeiro obtiveram valores essencialmente fracos. Com exceção do Rio de Janeiro, todas foram consideradas correlações negativas, indicando uma tendência à maximização de encalhes após os eventos de La Niña.
- (4) A variação no índice ENOS não é a única causa dos encalhes, sendo necessário considerar demais variáveis ambientais nas análises, tais como PP, radiação solar, clorofila, massas d'água e a dinâmica das correntes.
- (5) As trajetórias obtidas na simulação atestam a importância que as correntes representam no deslocamento dos pinguins durante seu ato migratório. As maiores correlações positivas entre as ocorrências e as distâncias percorridas pelos pinguins simplesmente advectados foram para ausências de *lags*; o Rio de Janeiro não obteve correlação positiva para qualquer *lag* testado. Demais fatores ambientais, tais como temperatura e salinidade em diversos setores da plataforma continental da América do Sul devem ser considerados em análises futuras sobre as trajetórias, considerando que os pinguins não são seres planctônicos.
- (6) Com as rotas projetadas, questionamentos podem ser levantados acerca do limite latitudinal verdadeiro das migrações. Quanto ao norte é o limite migratório, de fato, dos pinguins de-Magalhães? Realmente até o Brasil? Considerando que todos os

percursos tiveram fim ainda na plataforma continental argentina, nas proximidades da CBM, área de intensa hidrodinâmica, é razoável a hipótese de que os animais que alcançam o litoral brasileiro o façam de modo involuntário, por meio da seleção natural.

- (7) Essa hipótese pode ser sustentada pelo fato de que a maior parte dos animais encalhados nas praias do sul e sudeste do Brasil são de juvenis já mortos. A experiência e aptidão no enfrentamento de adversidades naturais, tais como as impostas por fenômenos que afetam o complexo oceano-atmosfera (a exemplo dos efeitos do ENOS e da CBM) podem representar uma característica a ser selecionada pelo ambiente. Desse modo, a alta taxa de mortalidade pode explicar um excedente populacional da espécie, ao eliminar os inexperientes e, principalmente, os inaptos.
- (8) Ainda com relação às taxas de mortalidade, fatores antrópicos devem ser considerados, a exemplo de incidentes com embarcações: vazamentos e lavagem de tanques em alto mar disponibilizam óleo nas águas, fazendo com que os pinguins venham a óbito por intoxicação e/ou hipotermia, com a perda da impermeabilidade de suas penas.
- (9) O aprofundamento dos estudos nas questões levantadas será capaz de expandir os conhecimentos acerca da ecologia dos pinguins-de-Magalhães e, naturalmente, auxiliar ações de proteção e conservação da espécie, no âmbito do Gerenciamento Costeiro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHOK, K.; YAMAGATA, T. The El Niño with a difference. **Nature**, v. 461, p. 481-484, 2009.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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. (1998). **Teleósteos pelágicos**. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil. Rio Grande: Ecoscientia, 1998.
- 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.
- CHU, P. S. **Brazil's climatic anomalis and ENSO**. In: GLANTZ, M. H.; RICHARD, W. K.; NICLHOLLS, N. Teleconnection liking wordwide climate anomalies. New York: Cambridge University, 1991.
- COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale, NJ, Erlbaum, 1988.

- 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 das phys. Meeresniveaus un 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.
- 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.
- GASPAR, M. **Sambaqui: arqueologia do litoral brasileiro.** São Paulo: Schwarcz-Companhia das Letras, 1999.
- GLANTZ, M. H. **Introduction.** In: GLANTZ, M.H., RICHARD, W.K., NICLHOLLS, N. Teleconnection linking worldwide climate anomalies. New York: Cambridge University, 1991.
- 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.
- GRIMM, A. M. El niño, novamente! **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, p. 351-357, 2015.

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.

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.

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.

NATIONAL WEATHER SERVICE. **Climate Prediction Center - ONI - Cold & Warm Episodes by Season**. 2022. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 20 dez. 2022.

NOERNBERG, M. A.; KAMPEL, M.; BRANDINI, F. P. Estudo da variabilidade temporal da concentração de clorofila estimada por satélite na plataforma continental catarinense: latitude 26° 46' S. **XIII Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis, Brasil, INPE, p. 4635-4642, 2007.

NOGUEIRA, N. F.. Análise oceanográfica de encalhes de pinguins-de-magalhães *Spheniscus magellanicus* (Forster, 1781) no litoral do estado do Rio de Janeiro. 36 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2018.

OLSON, D. B.; PODESTÁ, G. P.; EVANS, R. H.; BROWN, O. B. Temporal Variation in the Separation of Brasil and Malvinas Currents. **Deep-Sea Research**, v. 35, n. 12, p. 1971–1990. 1988.

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.

PETERS, G.; WILSON, R. P.; SCOLARO, J. A.; LAURENTI, S.; UPTON, J.; GALLELLI, H. The diving behavior of Magellanic Penguins at Punta Norte, Península Valdés, Argentina. **Colonial Waterbirds**, v. 21, p. 1-10, 1998.

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.; 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.

PHILANDER, G. **El Niño, La Niña and the Southern Oscillation**. Academic Press. 1990.

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. 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.

RAO, V. B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the Southern Oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 42, p. 81-90, 1990.

ROPELEWISKY, C. F.; JONES, P. D. An extension of the Tahiti-Darwin southern socillation index. **Monthly Weather Review**, v. 115, p. 2161-2165, 1987.

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, N. B. M. 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. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Campus do Litoral Paulista, 2021. 52p.

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.; SUBURO, A. M. Maximum diving depths of the Magellanic Penguins (Profundidad de Buceo del Pingüino de Magallanes). **Journal of Field Ornithology**, v. 62, p. 204-210, 1991.

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.

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.

STRIEDER, R. Ocorrência de *Spheniscus magellanicus* (Foster, 1781) no litoral do Rio Grande do Sul, com abordagens sobre a biologia da espécie. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 1992.

STUDZINSKI, C. D. Um estudo da precipitação na região sul do Brasil e sua relação com os oceanos Pacífico e Atlântico tropical e sul. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Pós-graduação em Meteorologia. INPE, 1995. 79 p.

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.

TAVARES, D. C.; MOURA, J. F.; MERICO, A.; SICILIANO, S. Mortality of seabirds migrating across the tropical Atlantic in relation to oceanographic processes. **Animal Conservation**, v. 23, p. 307-319, 2019.

TRENBERTH, K. E. **General Characteristics of El Niño Southern Oscillation**. In: GLANTZ, M. H.; RICHARD, W. K.; NICLHOLLS, N. Teleconnection linking worldwide climate anomalies. New York: Cambridge University, 1991.

TRENBERTH, K. E. The Definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 12, p. 2771-2778, 1997.

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

VINCENTI, R. D. Las corrientes de Humboldt y “El Niño” sus repercusiones en el ambiente. **Revista Geográfica**, p. 95-114, 2004.

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.

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.

WALKER, B. G.; BOERSMA, P. D. Diving behavior of Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) at Punta Tombo, Argentina. **Canadian Journal of Zoology**, v. 81, n. 9, p. 1471-1483, 2003.

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

Discente: NATÁLIA BEATRIZ DE MENDONÇA SANTOS

Título: "Correlações entre a ocorrência dos pinguins-de-Magalhães *Spheniscus magellanicus* (Forster, 1781) no litoral sul e sudeste do Brasil e eventos de El Niño Oscilação Sul"

Orientador: Prof. Dr. Roberto Fioravanti Carelli Fontes

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Gerenciamento Costeiro

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Prof. Dr. Roberto Fioravanti Carelli Fontes	APROVADA
Profa. Dra. Ana Julia Fernandes	Aprovada

PARECER:

CONCEITO FINAL:

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

☒ APROVADO

☐ REPROVADO

São Vicente, 31 de janeiro de 2023.



Prof. Dr. Roberto Fioravanti Carelli Fontes



Profa. Dra. Ana Julia Fernandes