**Caracterização da comunidade e análise de relações tróficas de aves marinhas (Procellariiformes) no Sul da Bacia de Santos**

Aline Salvador Vanin; Marta Jussara Cremer

**INTRODUÇÃO**

Aves marinhas são organismos que se adaptaram com grande eficiência a ambientes costeiros e oceânicos. A ordem Procellariiformes é composta por albatrozes e petréis, que se distribuem amplamente pelos oceanos ao redor do mundo, apresentando maior diversidade no Hemisfério Sul (Neves et al. 2006a). Com raras exceções, os Procellariiformes passam a maior parte de suas vidas em alto-mar, recorrendo à terra apenas para se reproduzirem, realizando amplos movimentos migratórios entre as áreas de reprodução e alimentação (Neves et al. 2006b). No Brasil, há registro de ocorrência de 42 espécies de Procellariiformes, todas classificadas em algum grau de ameaça segundo os critérios da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) (Hurtado et al. 2020). A costa sul e sudeste do Brasil é uma importante área de alimentação para as aves marinhas por estar situada na Zona de Convergência Subtropical. Essa região se caracteriza pela alta produtividade primária, determinando a concentração de diversas espécies que servem como alimento para as aves marinhas e que também apresentam valor comercial, resultando na sobreposição da área de operação das frotas pelágicas com as áreas de ocorrência dessas aves (Neves et *al*. 2006b). No Brasil, as principais áreas de interação entre as aves e a pesca pelágica ocorre da do litoral do Espirito Santo até a fronteira com o Uruguai. A identificação desses locais é fundamental para a conservação dessas aves, uma vez que ao longo da rota migratória necessitam de áreas chaves para realizarem a muda e adquirirem reservas energéticas (Monaghan 1996, Sick, 1997, Vooren & Brusque 1999, Serafini & Lugarini, 2014).

Anualmente, inúmeras aves podem ser encontradas mortas ou debilitadas ao longo das praias brasileiras. Apesar de ser um fenômeno comum em diversos locais do mundo, as variações no número de aves marinhas que encalham nas praias ainda são pouco compreendidas e podem estar relacionadas a diversos fatores, como morte por causas naturais, fatores climáticos e interação com atividades antrópicas (Mariani, 2016). Para essas aves, estudos sugerem que o período não reprodutivo é quando ocorre a maior taxa de mortalidade anual (Barbraud & Weimerskirch 2003, Sandvik et al. 2005). Assim, apesar da complexidade em quantificar os múltiplos componentes (biológicos, físicos e sociais) envolvidos no processo de encalhes e deriva de carcaça (Hart et al., 2006; Williams et al., 2011, Peltier et al., 2013), os encalhes representam uma amostra da população viva e informam parâmetros biológicos e ecológicos importantes para o conhecimento e conservação das populações (Doeschat et al., 2016). Por exemplo, monitoramentos de longo prazo permitem a análise de tendências e padrões históricos, fornecendo uma linha de base para as taxas de encalhe e potenciais métricas biológicas e ecológicas das populações encalhadas (Doeschat et al., 2016). Essas informações são essenciais para entender os processos relacionados aos encalhes e para auxiliar na identificação de ameaças à viabilidade populacional a longo prazo (McFee et al., 2006; Leeney et al., 2008).

O monitoramento dos encalhes também permite a obtenção de amostras biológicas que possibilitam investigar a ecologia trófica desses organismos. Por exemplo, amostra de diferentes tecidos podem ser utilizadas para análises de isótopos estáveis, uma vez que esses tecidos refletem as informações isotópicas das presas consumidas durante o período de sua formação (Bearhopet *al.* 2002, Pearson et *al*. 2003, Cherel et *al*. 2005, Becker *et al*. 2007, Herrera & Reyna 2007). Os valores de carbono (δ13 C) e nitrogênio (δ15 N) representam duas dimensões do nicho isotópico dos consumidores, refletindo seus hábitos alimentares e posição trófica, repsectivamente (Jaeger et al 2010). No ambiente marinho, os valores de carbono podem atuar como potencias identificadores geográficos (Quillfeldt et *al.* 2005), uma vez que os recursos litorais (*inshore*) são mais enriquecidos em δ13 C do que os recursos em alto mar (*offshore*) (Peterson & Fry 1987, Kelly 2000). Os valores de δ 15N aumentam previsivelmente com o aumento do nível trófico, pois 14N é preferencialmente excretado em forma de resíduo nitrogenado (Steele & Daniel 1978, Minagawa & Wada 1984, Kelly 2000). No estudo de ecologia de aves, a utilização de penas para análise isotópica é vantajosa pelo fato da pena ser uma estrutura metabolicamente inerte, e por isso a sua composição isotópica reflete o ambiente isotópico vivido pela ave durante o período de muda (Beharhop et al., 2003; Pearson et al., 2003; Inger & Bearhop, 2008). Como a maioria dos Procellariiformes no Hemisfério Sul realiza o processo de muda no mar, os valores isotópicos das penas correspondem ao período não reprodutivo, o qual é também a fase menos conhecida do seu ciclo anual (Warham 1990, 1996; Bridge 2006).

Diante da atual situação de vulnerabilidade das aves marinhas, o monitoramento dos encalhes se faz necessário para compreender a causa dos mesmos e entender a relação entre as áreas utilizadas por esses animais ao longo da sua história de vida. Este conhecimento é de extrema importância para ações de conservação mais efetivas e propriamente direcionadas a áreas de reprodução, *stopover* e invernada(Hobson, 1999). ­­­Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar os encalhes dos Procellariiformes no sul da Bacia de Santos, a fim de caracterizar a comunidade de aves marinhas e investigar sua ecologia trófica a partir da análise de isótopos estáveis.

**Objetivos específicos**

* Descrever a comunidade de Procellariiformes a partir de informações provenientes de encalhes no litoral de Santa Catarina.
* Analisar possíveis variações temporais (anuais e sazonais) na ocorrência dos encalhes.
* Analisar a homogeneidade de machos e fêmeas, adultos e juvenis na composição dos encalhes das diferentes espécies.
* Verificar a distribuição dos encalhes ao longo da costa de Santa Catarina.
* Analisar as relações tróficas entre espécies de Procellariiformes através da análise de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio, investigando o nicho isotópico dessas espécies durante a estação não-reprodutiva.

**MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho utilizou o banco de dados do Programa de Monitoramento de Praia Bacia de Santos (PMP/BS) que tem como objetivo avaliar a interferência das atividades de produção e escoamento de petróleo e gás natural do polo pré-sal da Bacia de Santos sobre os tetrápodes marinhos através do monitoramento das praias. (PETROBRAS, 2017). Cada trecho (Tabela 1) é percorrido com um quadriciclo ou a pé, no período da manhã, à procura de tetrápodes marinhos encalhados. Os dados foram obtidos no janeiro de 2016 a dezembro de 2019 entre os municípios de Laguna (28°29'42.94"S; 48°45'32.23"O) e Itapoá (26º03'47"S; 48°37'05"O), incluindo a ilha de Florianópolis, no litoral de Santa Catarina. Os dados de monitoramento obtidos pelas equipes do PMP são armazenados na base de dados do Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática (<https://segurogis.petrobras.com.br/simba/web/sistema/>).

**Tabela 1**. Distância percorrida (km) por cada instituição responsável pelo monitoramento das praias do litoral e Santa Catarina (PETROBRÁS, 2017).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Trechos** | **Municípios** | **Instituição** | **Diário** | **Semanal** | **Acionamento** | **Embarcado** | **Total** |
| 1 | Imbituba e Laguna | UDESC | 39,99 | 0 | 0,23 | 0 | 40,22 |
| 2 | Imbituba a Gov. Celso Ramos | PBF | 26,12 | 0,53 | 73,79 | 87,02 | 187,46 |
| 3 | Florianópolis | R3 | 42,35 | 1,23 | 48,79 | 0 | 92,35 |
| 4 | Gov. Celso Ramos a Barra Velha | Univali | 74,08 | 4,30 | 38,22 | 0 | 116,59 |
| 5 | Araquari a Itapoá | UNIVILLE | |  |  | | --- | --- | | 81,89 |  | |  |  | | 2,62 | 0 | 0 | 84,49 |
|  |  | **Total** | **264,43** | **8,68** | **161,03** | **87,02** | **521.58** |

As penas utilizadas para análise de isótopos estáveis também foram obtidasatravés do PMP/BS. Para validar o uso de diferentes penas em análises isotópicas, estudos testaram possíveis diferença nos valores de 13C e 15N em penas do corpo e penas primárias de um mesmo indivíduo, não obtendo diferença significativa (Thompson & Furness 1995; Becker et al. 2007). Assim, as penas primárias e corporais foram coletadas conforme a disponibilidade em cada instituição que forneceu o material (R3 Animal/Projeto Albatroz, UNIVILLE e Univali). Foram selecionadas as espécies que apresentaram um número comparável de indivíduos cujo sexo e estágio de desenvolvimento puderam ser identificados, totalizando 10 indivíduos de cada espécie. Uma vez que as penas de aves marinhas não requerem extração de lipídio para análises de isotópicas (Kojadinovic *et al.* 2008), as penas foram limpas com água destilada, com repetições de 5 lavagens, sendo posteriormente secas por 24 horas em uma capela de laboratório a 60ºC. Após secagem, as penas foram cortadas com o auxílio de uma tesoura até o menor tamanho possível, sendo divididas em sub amostras de 10 mg para posterior encapsulamento em cápsulas de estanho. As análises serão realizadas em um espectrômetro de massa de fluxo contínuo no Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA -USP).

**Análises**

O teste chi-quadrado será utilizado para testar a homogeneidade no número de encalhes registrados por ano e por estação. As estações foram definidas como verão (jan – mar), outono (abr- jun), inverno (jul – set) e primavera (out – dez). O teste chi-quadrado também será utilizado para verificar a homogeneidade de fêmeas e machos, adultos e juvenis nos encalhes de diferentes espécies (Ayres et al., 2007). Esta análise foi realizada somente para as espécies que apresentaram um número adequado de espécimes com sexo e estágio de desenvolvimento determinados. Para verificar a distribuição espacial dos encalhes de Procellariiformes na costa de Santa Catarina será utilizada a estimativa de densidade de Kernel (ArcGis 8.2).

As medidas isotópicas são reportadas utilizando a notação δ e expressas em partes por mil (‰), sendo comparadas com valores padrões internacionais (V-PDB: carbono; AIR: nitrogênio), de acordo com a equação:

δX = [(Ramostra / Rpadrão) – 1] × 1000

onde X representa 15N ou 13C e R corresponde as razões isotópicas 15N:14N ou 13C:12C.

Para testar possíveis diferenças nos valores de δ13C e δ15N entre as espécies, será realizada uma análise de variância de um fator (ANOVA). A fim de estimar o espaço de nicho isotópico, a partição de recursos será analisada através do pacote SIBER no R Studio (Jackson et al. 2011; R Development Core Team, 2017). Todas as análises serão realizadas no R Studio (R Development Core Team, 2017).

**REFERÊNCIAS**

Ayres, M., Ayres, D. L., Santos, A. A. S., Ayres-Junior, M., Ayres, D., SANTOS, A., Ayres, M. 2007. BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas.

Bearhop, S., Waldron, S., Votier, S.C., Furness, R.W. 2002. Factors that influence assimilation rates and fractionation of nitrogen and carbon stable isotopes in avian blood and feathers. *Physiological and Biochemical Zoology*. 75: 451–458.

Becker, B.H., Newman, S.H., Inglis, S., Beissinger, S.R. 2007. Diet-feather stable isotope (delta N-15 and delta C 13) fractionation in Common Murres and other seabirds. *Condor* 109: 451–456.

Bridge, E.S. (2006). Influences of morphology and behavior on wing-molt strategies in seabirds. Mar Ornithol 34: 7−19

Cherel, Y., Hobson, K.A., Bailleul, F.R., Groscolas, R. (2005). Nutrition, physiology, and stable isotopes: New information from fasting and molting penguins. *Ecology* 86: 2881– 2888.

Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO). (2019). Lista das Aves do Brasil. 11ed. 2014. 41p. Disponível em: http://www.cbro.org.br/CBRO/listabr.htm. Acesso em 10 de agosto de 2019.

Hamel, N.J., et al. (2009). Bycatch and beached birds: assessing mortality impacts in coastal net fisheries using marine bird strandings. *Marine Ornithology*, 37: 41–60.

Hart K.M., Mooreside P., Crowder L.B. (2006) Interpreting the spatio-temporal patterns of sea turtle strandings: going with the flow. *Biological Conservation* 129, 283–290.

Herrera, L.G. & Reyna, J.C. 2007. Stable carbon and nitrogen isotopic discrimination in whole blood of Red-throated Ant Tanagers *Habia fuscicauda*. *Journal of Ornitology.* 148: 235–240.

Hobson, K. A. (1999) Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia*, v. 120, n. 3, p. 314-326.

Hyslop, E. J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application*. Journal of fish biology*, v. 17, n. 4, p. 411-429, 1980.

Hurtado, R., Saviolli J.Y, Vanstress, R.E.I. (2020). Reabilitação de Procellariiformes (albatrozes, petréis e pardelas). Santos. Comunnicar, p. 17-18.

Inger, R. I. & Bearhop, S. (2008). Applications of stable isotope analyses to avian ecology. *Ibis*, 150, 447–461.

Jackson, A.L., Inger, R., Parnell, A.C., Bearhop, S. (2011) Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER−stable isotope Bayesian ellipses in R. J *Anim Ecol* 80: 595−602

Jaeger, A., Connan, M., Richard, P., & Cherel, Y. (2010). Use of stable isotopes to quantify seasonal changes of trophic niche and levels of population and individual specialisation in seabirds. *Marine Ecology Progress Series*, *401*, 269-277.

Kelly, J.F. (2000). Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. *Canadian Journal of Zoology* 78: 1–27.

Kojadinovic, J., Richard, P., Le Corre, M., Cosson, R.P. & Bustamente, P. (2008). Effects of lipid extraction on δ13C and δ15N values in seabird muscle, liver and feathers. *Waterbirds* 31: 169–178.

Leeney R.H., Amies R., Broderick A.C., Witt M.J., Loveridge J., Doyle J., Godley B.J. (2008) Spatio-temporal analysis of cetacean strandings and bycatch in a UK fisheries hotspot. *Biodiversity Conservation* 17, 2323–2338.

Mariani, D. B. (2016). Causas de encalhes de aves marinhas no nordeste do Brasil. *MVS Thesis, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brazil*.

Marques, M. (2012). Influência do sexo e da idade no comportamento migratório da cagarra Calonectris diomedea: um estudo baseado na assinatura isotópica das penas. Tese de Doutorado.

McFee W.E., Hopkins-Murphy S.R. Schwacke L.H. (2006) Trends in bottlenose dolphin strandings in South Carolina, USA, in 1997–2003: implications for the Southern North Carolina and South Carolina Management Units. *Journal of Cetacean Research Management* 8, 195–201

Minagawa, M. & Wada, E. (1984). Stepwise enrichment of 15N along food chains: further evidence and the relation between δ15N and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 1135–1140.

Monagham, P. (1996). Relevance of the behaviour of seabirds to the conservation of marine environments. *Oikos*, v. 77, p. 227-237.

Neves, T.; Olmos, F.; Peppes, F.; Mohr, L. V. (2006a) Plano de Ação Nacional para a Conservação de Albatrozes e Petréis. Brasília: Ibama, 124 p.

Neves, T.; Bugoni, L.; Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B. (2006b) Aves oceânicas e suas interações com a pesca na região sudeste e sul do Brasil. Instituto Oceanográfico–USP. Série Documentos Revizee: Score Sul.

Peltier H., Baagoe H.J et al. (2013) The stranding anomaly as population indicator: the case of harbour porpoise Phocoena phocoena in north-western Europe. PLoS ONE 8, 1–14.

Peterson, B.J. & Fry, B. (1987). Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 293– 320.

PETROBRAS (2017). Projeto Executivo - Projeto de Monitoramento de Praias (PMP BC-ES). CTA, 66pgs.

Pinkas, L.; Oliphant, M. S.; Iverson, I. L. K. (1971). Food habits of Albacore. Bluefin Tuna, and Bonito in California Waters(Fish Bulletin 152, California Department of Fish and Game, CA).

Prince PA, Rodwell S, Jones M, Rothery P (1993) Moult in blackbrowed and grey-headed albatrosses Diomedea melanophris and D. chrysostoma. **Ibis** 135:121–131

Quillfeldt, P., McGill, R.A.R. & Furness, R.W. (2005). Diet and foraging areas of Southern Ocean seabirds and their prey inferred by stable isotopes: review and case study of Wilson’s Storm-Petrel. *Marine Ecology Progress Series* 295: 295–304.

R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical ComputingR Foundation for Statistical ComputingVienna, Austria, 2017.

Rau, G.H., Mearns, A.J., Young, D.R., Olson, R.J., Schafer, H.A. & Kaplan, I.R. (1983). Animal 13C/12C correlates with trophic level in pelagic food webs. *Ecology* 64: 1314–1318.

Schreiber, E. A.; Burger, J. (2002). Seabirds in the marine environment. *Biology of marine birds.* New York: CRC Press p. 1-17.

Serafini, P. P.; Lugarini, C. (2014). Procellariiformes e outras aves de ambientes marinhos (albatroz, petrel, fragata, atobá, biguá e gaivota). *Tratado de animais selvagen***s**. 2ed. São Paulo: Roca, vol. 1, p. 418-439.

Sick, H. (1997). Ornitologia brasileira. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.

Steele, K.W. & Daniel, R.M. (1978). Fractionation of nitrogen isotopes by animals: a further complication to the use of variations in the natural abundance of 15N for tracer studies. *Journal of Agricultural Science* 90: 7–9.

Ugland, K.I., Gray, J.S., Ellingsen, K.E. (2003). The species-accumulation curve and estimation of richness. *Journal of Animal Ecology*, 72: 888–897.

Vooren C. M.; Brusque L. F. (1999). As aves do ambiente costeiro do Brasil: biodiversidade e conservação. Rio Grande: Fundação UFRG - Departamento de Oceanografia: Laboratório de Elasmobrânquios e Aves Marinhas,

Warham J. (1990). The petrels: their ecology and breeding systems. Academic Press, London

Warham J. (1996). The behaviour, population biology and physiology of the petrels. Academic Press, London

Williams R., et al. (2011). Underestimating the damage: interpreting cetacean carcass recoveries in the context of the Deepwater Horizon/BP incident. Conservation Letters 4, 1–6.