

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIODIVERSIDADE E SUSTENTABILIDADE

RAQUEL RODRIGUES LIMA

**RESÍDUOS SÓLIDOS INGERIDOS POR AVES MARINHAS NO LITORAL DOS ESTADOS
DO RIO DE JANEIRO E ESPÍRITO SANTO**

MACAÉ/RJ
NOVEMBRO DE 2024

RAQUEL RODRIGUES LIMA

**RESÍDUOS SÓLIDOS INGERIDOS POR AVES MARINHAS NO LITORAL DOS ESTADOS
DO RIO DE JANEIRO E ESPÍRITO SANTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a banca examinadora do Projeto em Ciências Biológicas D, como parte das exigências para obtenção do grau de Bacharelado em Ciências Biológicas – Meio Ambiente.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia Luciano Mancini

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Paula Debiasi

MACAÉ/RJ

NOVEMBRO DE 2024

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Rio de Janeiro e ao Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade (NUPEM/UFRJ), e todo seu corpo docente.

A minha orientadora Dra. Patrícia Luciano Mancini por todo apoio, dedicação, paciência, comprometimento e respeito. Por todos os ensinamentos passados, as críticas construtivas e as oportunidades que me foram dadas.

A minha coorientadora Paula Debiasi, pelos conselhos, pelas oportunidades, paciência, dedicação e comprometimento.

A toda equipe do Laboratório Integrado de Biologia Marinha (LIBMAR), pelos ensinamentos, companheirismo, paciência, pela troca de experiências e conselhos, especialmente Tatiane Pereira Xavier Nascimento, Liz Nunes da Costa e Arthur Henrique Macedo Bouckhorny.

A todos os meus amigos que estiveram comigo e me apoiaram ao longo de todo o processo.

As empresas Petrobras e a Ambipar Response Fauna e Flora, por permitir o uso dos dados para que esse trabalho fosse possível de ser realizado.

Ao Fundo Brasileiro para a Biodiversidade - FUNBIO e ao Projeto Maré-Limpa pela bolsa e pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora Dra. Gisela Mandali de Figueiredo, MSc Patrícia Pereira Serafini e MSc Igor Luiz Araújo Munhoz por todas as contribuições, paciência e disponibilidade.

A minha mãe Lidiane Rodrigues da Silva e ao meu padrasto Luís Claudio Ferreira da Costa por todo apoio e incentivo durante toda minha trajetória.

RESUMO

LIMA, R.R. **Resíduos sólidos ingeridos por aves marinhas no litoral dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade (NUPEM), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2024.

A poluição dos oceanos por resíduos sólidos é um problema global vigente. O descarte inadequado de resíduos impacta todos os organismos que dependem desse ecossistema. É evidente a necessidade de tecnologias e pesquisas que contribuam para a conservação destes habitats, e que subsidiem os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS 14 – Vida na Água). Este projeto visa avaliar a presença de resíduos sólidos no conteúdo gastrointestinal de aves marinhas encalhadas no litoral dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Informações do banco de dados de encalhes e necropsias do Sistema de Monitoramento da Biota Aquática (SIMBA-PETROBRAS) foram utilizados no período de setembro de 2017 a agosto de 2023, no litoral entre os municípios de Conceição da Barra (ES) e Saquarema (RJ). Durante o período analisado foram registrados um total de 5.628 encalhes de aves marinhas. Desses, 2935 indivíduos (55% do total) foram necropsiados, e resíduos sólidos foram encontrados em 166 (6%) das aves examinadas. Mais da metade dos indivíduos com resíduos (58%) eram adultos. Foram identificados resíduos sólidos em 22 espécies de aves marinhas, distribuídas em nove famílias e quatro ordens. As espécies com o maior número de registros de resíduos sólidos foram *Sula leucogaster* (n= 30), *Puffinus puffinus* (n= 29) e *Procellaria aequinoctialis* (n= 27). A maior frequência de resíduos foi registrada no estômago das aves (78%), seguido de esôfago (9%) e intestino (2%). As categorias de resíduos mais comuns incluíram plásticos (47%) e metais (17%), seguidos de isopor (9%), madeira (3%), borracha (2%), tecido (2%), papel alumínio (1%) e os resíduos não identificados, que representaram 26%. Este estudo apontou que 21 espécies de aves marinhas que ocorrem no Brasil ingerem resíduos sólidos, principalmente resíduos como plástico e metal, mostrando que o aumento do plástico nos oceanos e da pesca sem um manejo adequado está impactando as aves marinhas.

Palavras-chave: Encalhes; ingestão; lixo; plástico; poluição.

ABSTRACT

LIMA, R.R. **Resíduos sólidos ingeridos por aves marinhas no litoral dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade (NUPEM), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2023.

Ocean pollution by solid waste is a current global problem. Improper waste disposal impacts all organisms that depend on this ecosystem. The need for technologies and research to contribute to the conservation of these habitats and support the Sustainable Development Goals (SDG 14 – Life Below Water) is evident. This project aims to assess the presence of solid waste in the gastrointestinal content of stranded seabirds along the coasts of Rio de Janeiro and Espírito Santo states. Data from the SIMBA-PETROBRAS Aquatic Biota Monitoring System's stranding and necropsy database were used for the period from September 2017 to August 2023, covering the coastline between the municipalities of Conceição da Barra (ES) and Saquarema (RJ). During the analyzed period, a total of 5,628 seabird strandings were recorded. Of these, 2,935 individuals (55% of the total) were necropsied, and solid waste was found in 166 (6%) of the examined birds. More than half of the individuals with debris (58%) were adults. Solid waste was identified in 21 seabird species, distributed across nine families and four orders. The species with the highest number of solid waste records were *Sula leucogaster* (n = 30), *Puffinus puffinus* (n = 29), and *Procellaria aequinoctialis* (n = 27). The highest frequency of waste was found in the stomachs of the birds (73%). The most common waste categories included plastics (47%) and metals (17%), followed by polystyrene (9%), wood (3%), rubber (2%), fabric (2%), aluminum foil (1%), and unidentified waste, which accounted for 26%. This study found that 21 species of seabirds that occur in Brazil contain solid waste, primarily plastic and metal, highlighting the impact of increasing plastic pollution in the oceans and inadequate fisheries management on seabirds.

Keywords: Marine debris; plastic; pollution; ingestion; strandings

Sumário

1. Introdução.....	12
2. Objetivo Geral	16
2.1 Objetivos específicos	16
3. Materiais e Métodos	16
3.1 Área de estudo	16
3.2 Acesso aos dados	17
3.3 Banco de dados	17
3.3.1 Condição das carcaças.....	18
3.4 Análise dos dados	20
4. Resultados	20
5. Discussão.....	25
6. Conclusão	29

1. Introdução

Os oceanos ocupam 70% da superfície da Terra e são responsáveis pela regulação do clima devido a distribuição de calor no globo por meio da circulação oceânica global termohalina (WOOD et al., 2003). Os oceanos abrigam as algas marinhas que fornecem grande parte do oxigênio que a maioria dos seres vivos utilizam para sobreviver (NASELLI & PADISÁK, 2023), além de prover 17% de toda proteína animal que é consumida pelos humanos (FAO, 2022). Grande parte da população mundial desconhece a importância de se conservar esse grande ecossistema aquático, limitando a enxergar os oceanos como fonte de vida para as futuras gerações (BOMBANA, 2021).

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Nº 12.305/ 2010) resíduos sólidos são caracterizados como material, substância ou objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, e se tornam um problema quando há o descarte inadequado (ARAÚJO et al., 2016; GRIGIO et al., 2022; LOPES et al., 2023). Esses resíduos mal gerenciados podem ser carreados e depositados nos oceanos. Apenas em 2010, entre 4,8 e 12,7 milhões de toneladas métricas de resíduos plásticos chegaram aos oceanos e foram produzidas por habitantes de 192 países (JAMBECK et al., 2015). Com isso, diversas iniciativas mundiais visam combater a poluição marinha como alerta o objetivo 14 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), conhecido como Vida na Água, que aborda a conservação e uso consciente dos oceanos, mares e recursos marinhos (ONU, 2015).

Os resíduos que chegam nos oceanos, trazidos pelo deságue de rios (NOLLKAEMPER, 1994; LEBRETON et al., 2017; BLETTLER & WANTZEN 2019) e atividades pesqueiras (CHEN & LIU, 2013), podem ser degradados de forma biológica e principalmente de forma mecânica. Esses resíduos podem se fragmentar em pedaços menores, devido a radiação solar, propriedades oxidativas da atmosfera e propriedades físico-químicas da água do mar (MOORE, 2008). Esses fragmentos dispersam e ocupam todos os ecossistemas, inclusive sendo ingerido por diversos organismos ao longo da teia alimentar (CLARK et al. 2016; ARAÚJO et al., 2016). O plástico é a categoria de resíduo mais encontrada nos oceanos, representando 97% dentre todos os tipos de resíduos (RYAN, 2014). A ingestão do plástico já foi descrita em todos os níveis tróficos e sua biodisponibilidade está atrelada ao tamanho, abundância e cor (BARNES et al., 2009; WRIGHT et al., 2013). Os resíduos que entram no sistema digestivo dos organismos não são digeridos por eles, e podem lesionar internamente os órgãos, causar sensação de saciedade, interromper o forrageamento, gerar bloqueio na ingestão e redução da condição corporal. (RYAN, 1988a; PHILLIPS et al., 2010; NISHIZAWA et al., 2021). Os resíduos nos oceanos, servem de substrato para a adesão/adsorção de elementos tóxicos, sendo eles orgânicos (AGBOOLA & BENSON,

2021), como os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, e inorgânicos (BRADNEY., et al 2019), como metais pesados. Quando um animal consome esse fragmento de resíduo, elementos traços, metais pesados, entre outros elementos podem bioacumular durante seu crescimento, biomagnificando ao longo da cadeia trófica (GRAY, 2002; RAI et al., 2022). A maioria da fauna marinha é afetada pelos resíduos plásticos, e estima-se que cerca de 90% das aves marinhas irão ingerir plástico nas próximas décadas (WILCOX et al., 2015).

Aves marinhas são um grupo diversificado que compartilham um vínculo estreito com os oceanos, pois dependem desse ecossistema para a reprodução, em ilhas oceânicas e costeiras (COULSON, 2002) e alimentação (ZOTIER et al., 1999). Essas aves adaptaram-se para capturar presas escorregadias e seus filhotes permanecem nos ninhos aguardando o retorno dos pais para alimentá-los. Dentre essas adaptações, estão aquelas relacionadas ao nado e ao mergulho, como pés com membranas interdigitais, voo em longas distâncias e até mesmo a capacidade de eliminar o excesso de sal por meio de glândulas de sal (NUNES et al. 2023). As aves marinhas se alimentam de diversas presas, como plâncton, peixes e invertebrados de diferentes níveis da cadeia trófica marinha. Elas exercem controle sobre as populações de presas, bem como disponibilizam ao ambiente um grande aporte de nutrientes pelas excretas (guano). Aves marinhas ocorrem em ilhas oceânicas e ambientes costeiros e estão inseridas em diversas teias alimentares (ICMBIO, 2023). Em ambientes costeiros são observadas espécies se alimentando ou utilizando esses locais para descanso e reprodução, como por exemplo os atobás (Sulidae, Suliformes) ou trinta-reis (Laridae, Charadriiformes). Em ambiente oceânico, diferentes espécies de albatrozes e petréis (Procellariiformes) são registradas. Algumas dessas aves são migratórias e ciclicamente se deslocam entre áreas de reprodução e de descanso reprodutivo (SOMENZARI et al., 2018; DAUTD, 2019). Esse é o caso do trinta-réis-do-Ártico (*Sterna paradisaea* Pontoppidan, 1763), que se reproduz no Ártico, e desloca-se até a Antártica fora do período reprodutivo (EGEVANG et al., 2010; FIJN et al., 2013).

No Brasil há registro de 1.971 espécies de aves, destas, cerca de 100 são aves marinhas (PACHECO et al., 2021). Elas pertencem a seis ordens, sendo três delas exclusivamente marinhas: Sphenisciformes (pinguins), Procellariiformes (albatrozes, petréis e pardelas) e Phaethontiformes (rabos-de-palha). As outras três ordens são: Pelecaniformes (pelicanos), Suliformes (atobás, fragatas e biguás) e Charadriiformes (gaivotas e trinta-réis) (PACHECO et al., 2021; NUNES et al., 2023).

No grupo das aves, as marinhas estão entre as mais ameaçadas de extinção (CROXALL et al., 2012; DIAS, et al., 2019) e dentre essas os pinguins, albatrozes e petréis são os grupos mais ameaçados

(DIAS et al., 2019). Em geral, as aves marinhas são k-estrategistas, isto é, investem muita energia no crescimento, produzem poucos filhotes, nos quais dedicam muito tempo no cuidado parental (PIANKA, 1999, NUNES et al., 2023). Isso contribui para torná-las sensíveis a declínios populacionais devido a diversos impactos antrópicos. As principais ameaças que afetam as aves marinhas são a introdução de espécies exóticas invasoras nas áreas de reprodução, a captura incidental pela pesca, a perda de habitat costeiro devido a edificações (CROXALL et al., 2012) e, mais recentemente, ingestão de resíduos sólidos (BAAK et al., 2020). As aves marinhas utilizam esses resíduos para construção de seus ninhos (BATISTELI et al., 2019), ou ingerindo os mesmos (MATOS et al., 2023). O descarte incorreto dos resíduos, disponibiliza-o nos oceanos, fazendo com que as aves marinhas os confundam com alimento (WILCOX et al., 2015). Dentre os grupos de aves marinhas, os albatrozes e petréis são os que mais ingerem resíduos plásticos acumulando-os no trato digestivo, principalmente petréis que não tem a capacidade de regurgitar o material ingerido, ao contrário dos albatrozes, (COLABUONO et al., 2009).

Com a crescente presença dos resíduos sólidos nos ambientes naturais, quantificar e monitorar a qualidade dos oceanos a fim de entender como esses materiais interagem com a biota, pode auxiliar no desenvolvimento e implementação de estratégias de gestão e conservação da fauna (SANTOS et al., 2016; TASSERON et al., 2020). Para isso, uma alternativa é o uso de organismos marinhos como bioindicadores de qualidade ambiental para avaliar a situação dos oceanos em relação aos resíduos sólidos (TAVARES et al., 2017, SAVOCA et al., 2022).

Bioindicadores são espécies, comunidades ou até mesmo processos biológicos que podem ser utilizados para avaliar a qualidade de um ecossistema ou como ele funciona (HOLT & MILLER, 2011, SAVOCA et al., 2022). O uso de bioindicadores de qualidade está relacionado ao fato de que mudanças ambientais associadas à poluição, por exemplo, podem ser refletidas nesses seres vivos e assim, através destes se pode avaliar como esses ambientes estão sendo impactados ao longo do tempo (BONANNO & BONACA, 2018). As aves marinhas são ótimas bioindicadoras de qualidade dos oceanos, pois muitas espécies são predadoras de topo, portanto, são afetadas por alterações ao longo dos níveis da cadeia alimentar (BURGER & GOCHFELD, 2004). Elas são abundantes e encontradas em todo o globo, o que facilita a amostragem e coleta de dados, e possuem elevada longevidade (mais de 70 anos dependendo da espécie), o que é positivo para uma observação a longo prazo (National Geographic Brasil, 2021). Além disso, as espécies se alimentam em diferentes profundidades, abrangendo poluentes tanto superficialmente, quanto submersos na coluna d'água (BURGER & GOCHFELD, 2004; MALLORY et al., 2006; TAVARES et al., 2017).

Diversos estudos reportaram a ingestão de resíduos sólidos por aves marinhas ao longo do litoral do Brasil (COLABUONO & VOOREN, 2007; COLABUONO et al., 2009, 2010; PETRY et al., 2008; BARBIERI, 2009; TOURINHO et al., 2010; TAVARES et al., 2017; VANSTREELS et al., 2021; NASCIMENTO et al., 2023). A maioria deles avaliou a ingestão de resíduos sólidos analisando indivíduos encalhados no litoral. O termo “encalhe” refere-se a um animal marinho encontrado na praia que não tem habilidade de retornar ao mar (BRUSIUS et al., 2020). Encalhes podem ocorrer por fatores naturais como parasitas (BUREK-HUNTINGTON et al., 2015; CAMPOS et al., 2015), desnutrição (MOORE et al., 2003), tempestades, fortes ventos e baixa disponibilidade de alimentos (EVANS et al., 2005; BUGONI et al., 2007; TAVARES et al., 2016a). Também podem ocorrer devido a impactos antrópicos, como a interação com a pesca (CAMINÃS et al., 2006), choque com embarcações (ARBELO et al., 2013), poluição (BUGONI et al., 2001; CAMPHUYSEN & HEUBECK, 2001; GJERDRUM et al., 2021) e prospecções sísmicas (TYACK, 2008; CASTELLOTE & LLORENS, 2016; AFFATATI & CAMERLENGHI, 2023).

No Brasil, os dados de encalhes de aves e outros tetrápodes marinhos, bem como de necropsias são disponibilizados pela Petrobras através do Projeto de Monitoramento de Praias das Bacias de Campos e Espírito Santo (PMP/BC-ES). O PMP é uma condicionante ambiental exigida pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) para execução de empreendimentos ligados à exploração de petróleo e gás natural. Os dados das necropsias de encalhes de aves, contribuem na avaliação da saúde desses indivíduos e podem subsidiar diversos estudos relacionados a poluição.

A métrica mais comum utilizada para avaliar a proporção de resíduos ingeridos por aves é a frequência percentual de ocorrência (% FO) (PROVENCHER, 2017). Embora outros estudos utilizem o termo “prevalência” como sinônimo (PROVENCHER et al, 2014; VANSTREELS *et al*, 2021), para esse estudo será empregado o termo frequência de ocorrência, que é indicado por DUFFY & JACKSON, 1986 e PROVENCHER, 2017.

A frequência de ocorrência de ingestão de resíduos pode variar de acordo com o táxon, técnicas de forrageamento e dieta (KUHN & FRANEKER, 2020). Um exemplo disso são aves mergulhadoras que se alimentam em águas profundas (PROVENCHER, et al 2010) e Procellariiformes que se alimentam em águas mais superficiais (PETRY & BENEMANN, 2017). Com isso é importante considerar diferentes comunidades e locais para compreender os impactos da ingestão sobre esses organismos (VANSTREELS *et al*, 2021).

2. Objetivo Geral

- Caracterizar e identificar frequência de ocorrência de resíduos sólidos ingeridos por aves marinhas encalhadas entre o litoral do Espírito Santo e Rio de Janeiro.

2.1 Objetivos específicos

- Estimar a proporção de aves marinhas com resíduos sólidos dentre o total de aves encalhadas
- Identificar as espécies com maior frequência de ocorrência de ingestão de resíduos;
- Avaliar qual a principal categoria de resíduo ingerida;
- Identificar se há uma maior frequência de ocorrência de resíduos sólidos em algum segmento do trato gastrointestinal;

3. Materiais e Métodos

3.1 Área de estudo

A área de estudo é o litoral entre as cidades de Conceição da Barra, Espírito Santo e a Praia da Vila, Saquarema, Rio de Janeiro, totalizando 707,44 quilômetros de praia, que contempla toda a área do PMP-Bacia de Campos/Bacia do Espírito Santo (**Figura 1**).



Figura 1: Área de amostragem das carcaças de aves marinhas encalhadas e coletadas para necropsias pelo Projeto de Monitoramento de Praias (PMP/RJ/ES) durante o período de setembro de 2017 a agosto de 2023. *Google Earth*.

Sabe-se que os rios são carreadores de resíduos sólidos para os ambientes marinhos (NOLLKAEMPER, 1994; BLETTLER & WANTZEN 2019). Na região da área de estudo, existem rios importantes, como o Rio Paraíba do Sul e o Rio Macaé nos estados do Rio de Janeiro e Rio Doce e Itabapoana no Espírito Santo. Além disso, na região do entorno dos rios e na foz há grande densidade populacional devido a importantes empreendimentos na região, como exploração de petróleo e gás natural, como é o exemplo do Rio Macaé (FERREIRA et al., 2011).

3.2 Acesso aos dados

As informações sobre resíduos sólidos ingeridos pelas aves marinhas foram obtidas através do Projeto de Monitoramento de Praias (PMP-BC/ES). Os dados estão disponíveis na plataforma do Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática (SIMBA), que é de acesso público. A autorização para o uso dos dados foi solicitado à Petrobras e à empresa executora do Projeto de Monitoramento de Praias (PMP-BC/ES), a Ambipar Response.

No SIMBA as informações foram selecionadas por meio de filtro na aba “Exames” e posteriormente na aba “Anatomopatológico”, selecionando a opção “sim” em “Há indícios de interação antrópica?”. Na lacuna “Taxonomia”, foi inserida a palavra “aves” e selecionado o período de setembro de 2017 a agosto de 2023 nas opções de “Data inicial de necropsia” e “Data final de necropsia”, respectivamente. Após aplicar os filtros, foi exportada uma planilha em formato XLSX com os dados brutos obtidos para o *Microsoft Office Excel*.

Na planilha, a foto de cada indivíduo com registro de ingestão de resíduos foi revisada para a confirmação da identificação da espécie e da ingestão, utilizando o “número da ficha de campo” no SIMBA. Isso tem como finalidade assegurar que a interação antrópica citada na necropsia, realmente foi ingestão de resíduo sólido e não outra fonte de interação antrópica, como exemplo material anexo externamente à carcaça. Optamos por não utilizar informações sobre a quantidade dos resíduos no trato gastrointestinal, pois não havia essa descrição em parte das fichas de necropsias e nas imagens nem sempre era possível visualizar todos os resíduos.

3.3 Banco de dados

Para elaboração do banco de dados as informações do SIMBA foram conferidas com as fotos de cada indivíduo para a obtenção das seguintes informações: 1. Local do encalhe; 2. Data do encalhe; 3. Categoria de resíduo encontrado; 4. Espécie de ave; 5. Estágio de desenvolvimento da ave (juvenil ou

adulto); 6. Local que o resíduo no trato gastrointestinal. Os resíduos foram encontrados em diferentes partes do trato gastrointestinal das aves, como o estômago, esôfago, intestinos. Para alguns resíduos não foi possível identificar a localização e, portanto, foram classificados como "Não identificado" (NI). O tamanho dos resíduos não foi caracterizado, pois não foi possível estimá-los por meio das imagens.

3.3.1 Condição das carcaças

As carcaças são classificadas de acordo com os estágios de decomposição, entretanto para este estudo foram selecionadas apenas carcaças necropsiadas. A categorização do estágio de decomposição das carcaças seguiu a classificação de OLIVEIRA & RIBEIRO (2017) (Tabela 1). O documento classifica com códigos de 1 a 5 o estado de decomposição das aves marinhas, o qual foram utilizados somente carcaças entre os códigos de 2 a 4 da classificação nas necropsias, seguindo os critérios estabelecidos:

Tabela 1: Estado de decomposição das carcaças de aves marinhas. Projeto Executivo Projeto de Monitoramento de Praias (PMP BC/ES). Fonte: OLIVEIRA & RIBEIRO, 2017.

Código	Classe	Descrição
1	Vivo	
2	Ótima condição - OC	Aparência normal, olhos claros (brilhantes), corpo não inflado, músculo firme, células sanguíneas intactas, vísceras intactas e bem definidas, penas aderidas à epiderme
3	Decomposição evidente - DE	Decomposto, mas órgãos basicamente intactos, carcaça intacta, olhos opacos e pouca laceração. Pele e plumagem podem faltar em algumas regiões
4	Decomposição avançada - DA	Epiderme (incluindo penas) pode estar totalmente ausente, muitas lacerações causadas por necrófagos, forte odor, músculo sem consistência e frágil, podendo ser facilmente desprendido dos ossos, vísceras identificáveis, porém com coloração e aspecto de autólise intensa.
5	Estado mumificado - EM	Penas e pele, quando presentes, podem estar cobrindo o esqueleto remanescente. Embora alguns tecidos estejam presentes, estes não são identificáveis.

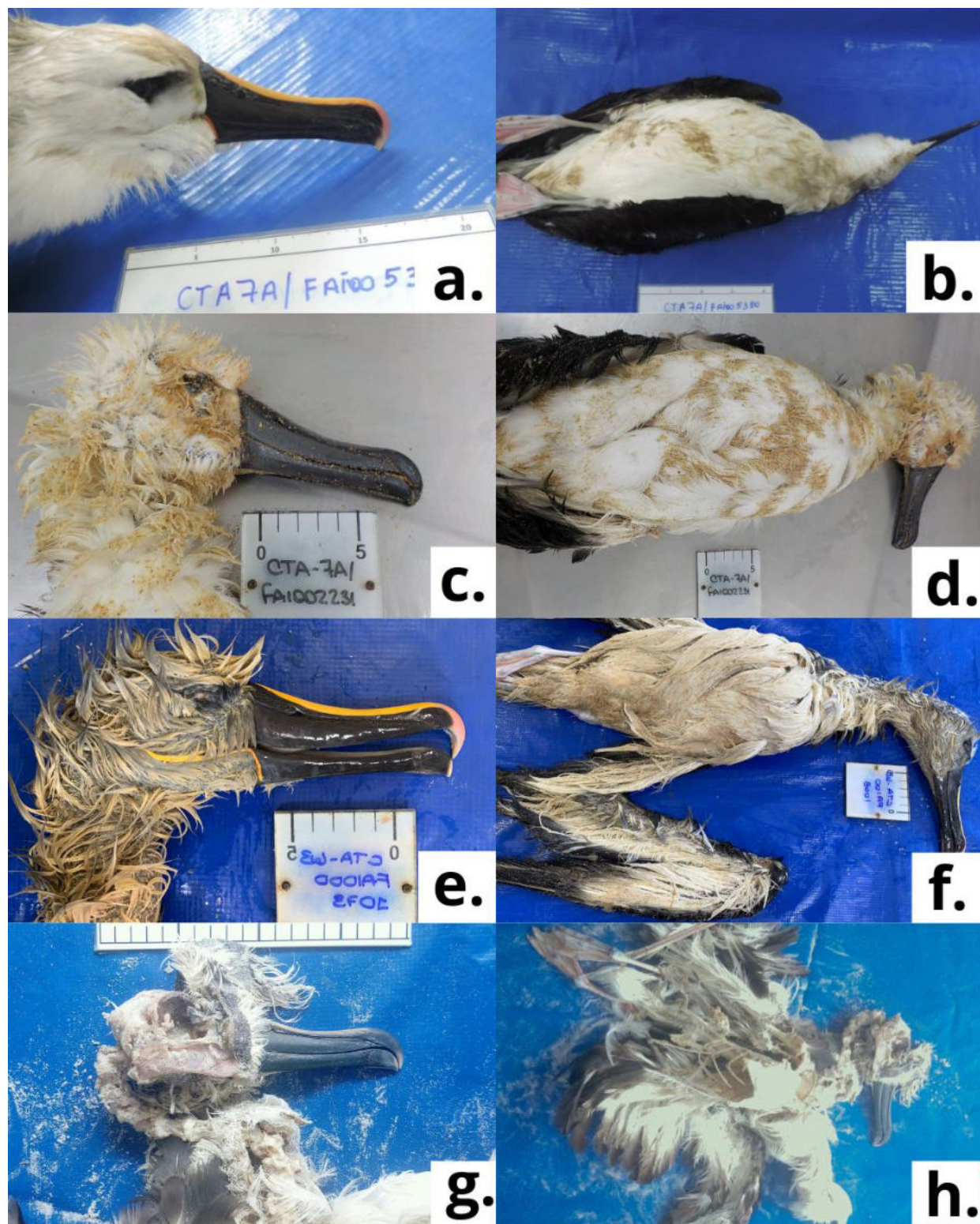


Figura 2: Diferentes estágios de decomposição de carcaças de aves marinhas encalhadas entre os estados de Rio de Janeiro e Espírito Santo, no período de setembro de 2017 a agosto de 2023. As imagens “a” e “b” representam o código 2, “c” e “d” código 3, “e” e “f” código 4, “g” e “h” código 5.

3.4 Análise dos dados

Para determinar quais as espécies, famílias e ordens possuíam maior proporção (%) de resíduos sólidos no conteúdo gastrointestinal, foi calculada a frequência relativa de ocorrência (FO%), considerando o número de indivíduos por espécie com determinada categoria de resíduos dividido pelo número total indivíduos com resíduos. Para identificar a proporção de categoria de resíduos ingeridas pelas aves, foi calculada a FO% considerando o número de indivíduos com determinada categoria de resíduos dividido pelo número total de indivíduos com resíduos. Para determinar o local ao longo do trato gastrointestinal com maior proporção de resíduos também foi calculada a FO% considerando o número de indivíduos com resíduos em determinado órgão (esôfago, estômago ou intestinos) dividido pelo número total de indivíduos com resíduos.

4. Resultados

Dentre todos os encalhes de aves (5628), 2935 foram necropsiadas levando em consideração a condição de decomposição das carcaças, e dessas 166 apresentavam resíduos em seus conteúdos gastrointestinais, representando 6% do total de aves necropsiadas. Em 2935 necropsias de aves, foram registradas 21 espécies de aves marinhas com resíduos ingeridos, distribuídas em nove famílias e quatro ordens (**Figura 3**) (**Tabelas 2**). As três espécies com maior ingestão de resíduos foram: *Sula leucogaster* (n=30), *Puffinus puffinus* (n=29) e *Procellaria aequinoctialis* (n=27) (**Figura 3**). As famílias com maior ingestão de resíduos foram: Hydrobatidae (17%), Procellariidae (15%) e Diomedidae (7%) (**Tabela 2**). Quanto às ordens, Procellariiformes teve a maior ingestão (13%), seguida por Suliformes (4%), Sphenisciformes (2%) e Charadriiformes (2%) (**Tabela 2**). Importante ressaltar que três indivíduos não foram identificados a nível de família, porém foram contabilizados no número total de necrópsias realizadas (**Tabela 2**).

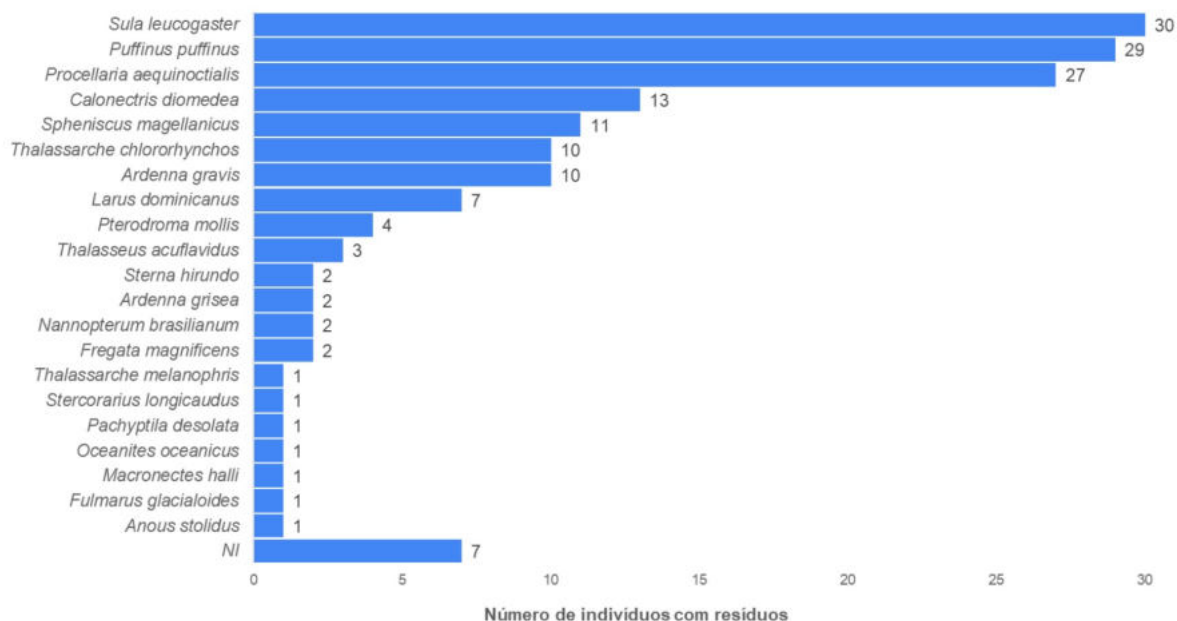


Figura 3: Espécies de aves marinhas com resíduos ingeridos e quantidade de indivíduos por espécie com resíduos no trato gastrointestinal, no litoral dos estados de Rio de Janeiro e Espírito Santo, no período de setembro de 2017 até agosto de 2023. Os indivíduos aos quais não foram identificados a nível de espécies são representados por NI (Não identificado).

Tabela 2: Porcentagem de indivíduos por ordem e família de aves marinhas encalhadas com a presença de resíduos sólidos em seus conteúdos gastrointestinais, coletadas no litoral dos estados de Rio de Janeiro e Espírito Santo, no período de setembro de 2017 até agosto de 2023.

Ordens e famílias	Número total de necropsias	Indivíduos com resíduo	Porcentagem (%)
Procellariiformes	798	107	13
Suliformes	798	34	4
Sphenisciformes	531	11	2
Charadriiformes	802	14	2
Phaethontiformes	6	0	0
Hydrobatidae	6	1	17
Procellariidae	623	94	15
Diomedidae	167	11	7

Sulidae	552	30	5
Stercorariidae	23	1	4
Fregatidae	132	2	2
Spheniscidae	531	11	2
Laridae	778	13	2
Phalacrocoracidae	115	2	2
Phaethontidae	6	0	0

A maior frequência de ocorrência de resíduos sólidos foi registrada em 94 adultos (57%), seguido de 68 juvenis (41%) (**Figura 4**). Houve uma frequência de ocorrência semelhante para ingestão de resíduos em relação a machos (44%) e fêmeas (49%) (**Figura 5**).

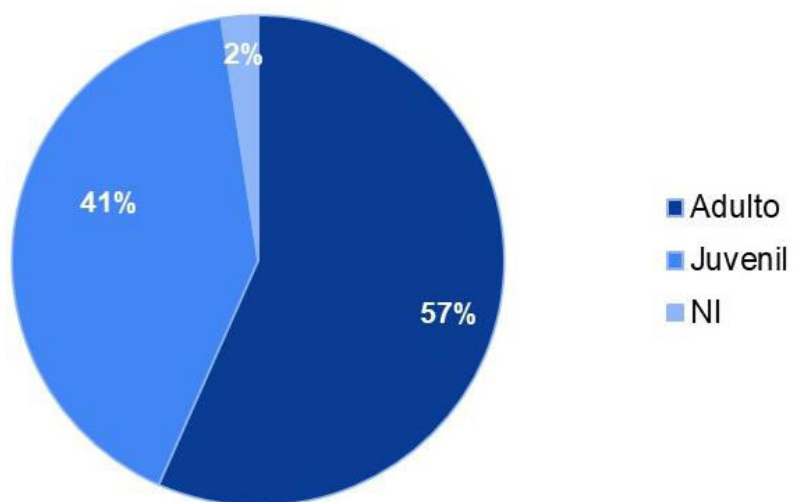


Figura 4: Proporção de adultos e juvenis de aves marinhas com a presença de resíduos no trato gastrointestinal, registradas no litoral dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, no período de setembro de 2017 até agosto de 2023. NI -estágio não identificado).

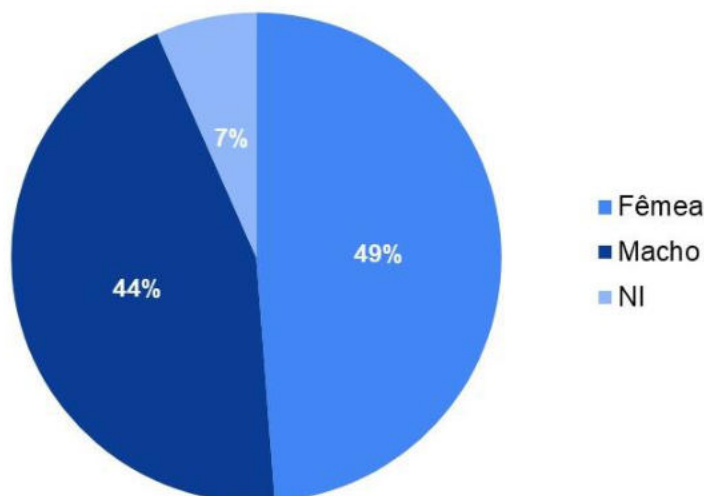


Figura 5: Proporção de fêmeas e machos de aves marinhas com a presença de resíduos no trato gastrointestinal, registradas no litoral dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, no período de setembro de 2017 até agosto de 2023. NI - Indivíduos com sexo não identificado.

As categorias e proporção dos resíduos identificadas foram: plástico (50%), metal (19%), não identificado (28%), isopor (5%), madeira (2%) e borracha (1%), tecido (1%) (**Figuras 6 e 7**).

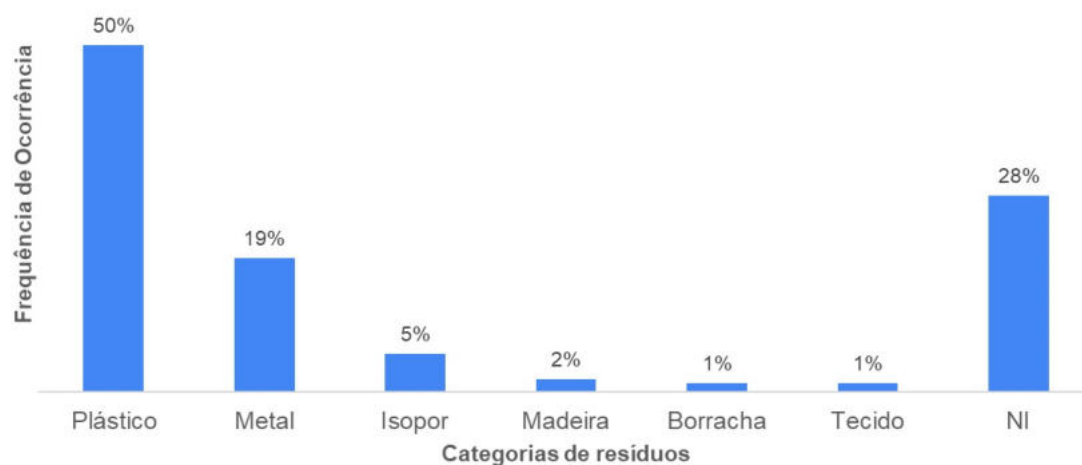


Figura 6: Frequência de ocorrência (FO%) das categorias de resíduos registradas no trato gastrointestinal de carcaças de aves marinhas, coletadas no litoral dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, no período de setembro de 2017 até agosto de 2023. O número absoluto de ocorrências dos itens são - plástico: 83; metal: 32; isopor: 9; madeira: 3; borracha: 2; tecido: 2; itens não identificados (NI): 47.

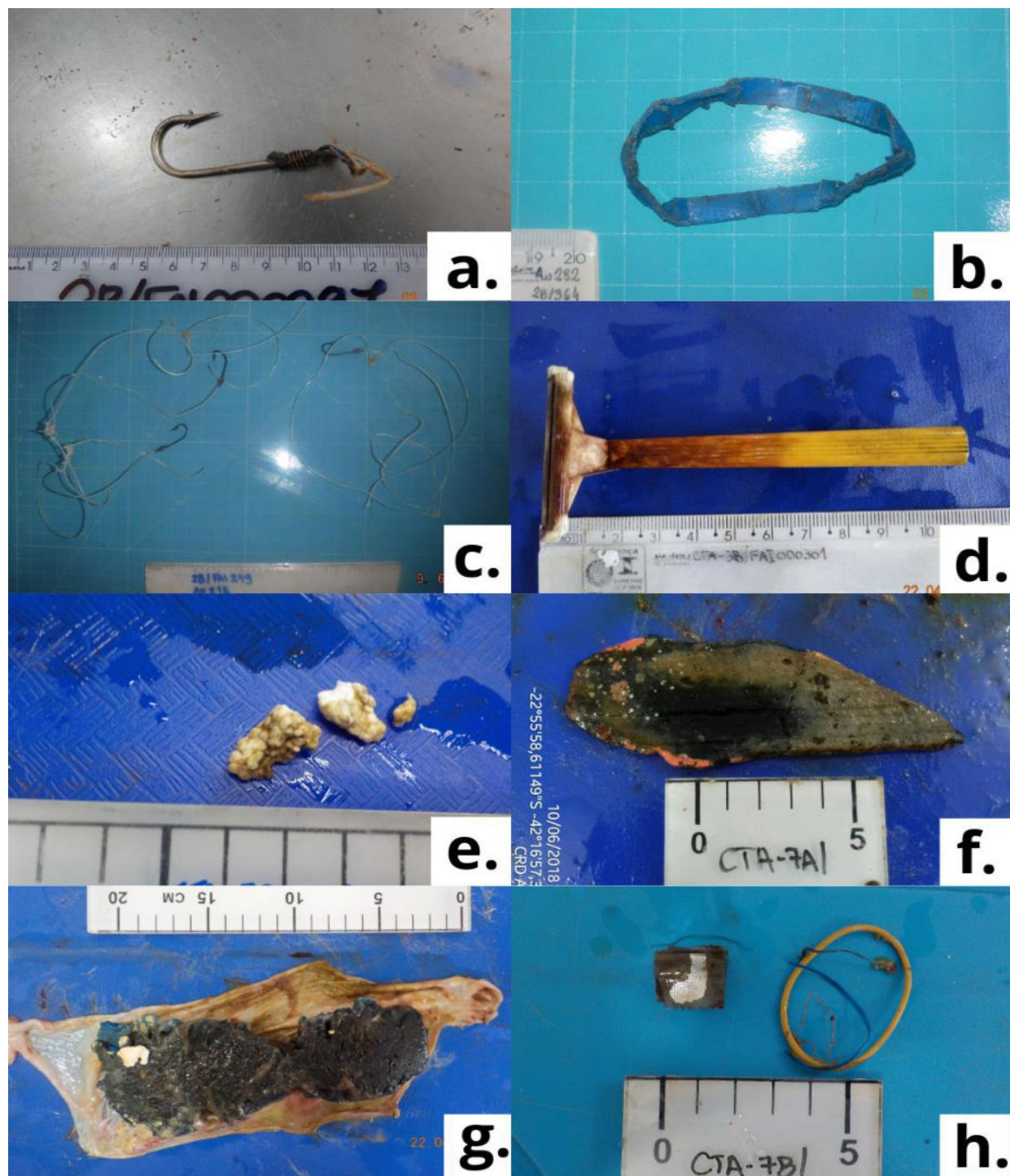


Figura 7: Exemplos de resíduos e categorias encontradas nos conteúdos gastrointestinais de carcaças de aves marinhas, coletadas no litoral dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, no período de setembro de 2017 até agosto de 2023. Na primeira imagem “A”: petrecho de pesca representando a categoria metal; “B”: lure, plástico; “C”: petrecho de pesca, metal e plástico. “D”: Presto barba, metal e plástico; “E”: Pedaco de isopor, isopor; “F”: Pedaco de madeira, madeira; “G”: Sola de sapato, borracha; “H”: Pedaco de embalagem e elástico, plástico.

Foi avaliada a frequência de ocorrência (FO%) dos resíduos nos órgãos do trato gastrointestinal das aves marinhas. Sendo estômago (78%), esôfago (9%), intestino (2%) e locais não identificados (18%) (Figura 8).

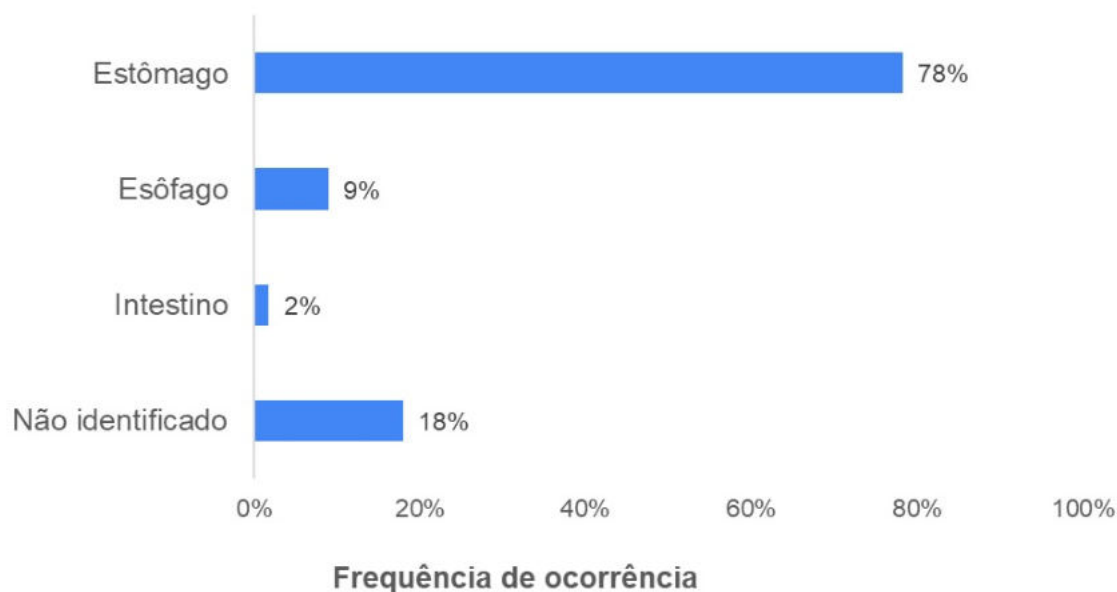


Figura 8: Frequência de ocorrência (FO%) dos resíduos nos órgãos do trato gastrointestinal das aves marinhas. O número absoluto de ocorrências são - estômago: 130 registros; esôfago: 15; intestino: 3; Não identificados: 30.

5. Discussão

Nesse estudo foram identificadas 21 espécies de aves marinhas com resíduos sólidos, sendo *Sula leucogaster* (atobá-marrom) a espécie que apresentou maior frequência de ocorrência de ingestão de resíduos sólidos. Matos et al. (2023), identificou quantidades substanciais de resíduos ingeridos por *Sula leucogaster* em comparação com outras espécies realizado no Oceano Atlântico Central. Outro estudo realizado na costa leste do Brasil, mostrou que *Sula leucogaster* foi a ave não Procellariiforme com maior ocorrência e ingestão de resíduos (VANSTREELS et al., 2021). O atobá-marrom é uma espécie residente que nidifica na região (ALVES et al., 2004) e a interação com resíduos já é documentada em seus ninhos (TAVARES et al., 2016b; BRETANO et al., 2020; COSTA et al., 2022). O que pode explicar a maior frequência de ocorrência de ingestão dessa espécie é sua distribuição em áreas costeiras, que são mais próximas das fontes de resíduos (JAMBECK et al., 2015; LEBRETON et al., 2017), o uso de resíduos

para construção de ninhos (TAVARES et al., 2016b) e a interação frequente com descartes de pesca (REZENDE, 1987; CARNIEL & KRUL, 2012; MANCINI et al., 2023). Contudo, é importante considerar que os atobás-marrons podem regurgitar o alimento ingerido em situações de estresse, como durante interações de cleptoparasitismo com fragatas (*Fregata magnificens*) (REZENDE, 1987), o que poderia possibilitar a eliminação de resíduos ingeridos.

Procellariiformes foi a ordem com maior frequência de ocorrência (13%), corroborando com a literatura (RYAN 1987; MOSER & LEE 1992; COLABUONO et al., 2009; KUHN & FRANEKER 2020). As famílias com maior frequência de ocorrência foram Hydrobatidae (17%), Procellariidae (15%) e Diomedidae (7%). A maior frequência de ocorrência de resíduos em indivíduos de Procellariidae, pode ser explicada devido a estratégia de forrageamento em águas superficiais e capacidade reduzida de regurgitar (RYAN, 1987; MOSER & LEE, 1992; COLABUONO & VOOREN, 2007; KUHN & FRANEKER 2020). Aves que forrageiam em águas mais profundas, também estão propensas a ingestão de resíduos sólidos (TAVARES et al., 2017). Savoca et al. (2016) demonstraram uma ligação entre o dimetilsulfeto (DMS), um odorante químico importante para relações tróficas nos ambientes marinhos, e os resíduos plásticos, podendo atuar como uma armadilha olfativa para aves marinhas. O DMS faz com que as aves confundam o plástico com potenciais presas nos oceanos, em especial os Procellariiformes, descritas como aves olfativas e de forrageamento amplo. Contudo, Dell'Araccia et al. (2017) trazem uma perspectiva diferente, alegando que o DMS é majoritariamente produzido por processos naturais e, portanto, não poderia responder totalmente o motivo pelo qual aves ingerem resíduos. Dell'Araccia et al. (2017) afirmam que os modelos utilizados por Savoca et al. (2016) foram contraditórios e que alguns preditores foram negligenciados no processo, como a distribuição não homogênea do plástico nos oceanos. Além disso, Dell'Araccia et al. (2017) enfatizam que pistas visuais, como as cores dos resíduos, tende a influenciar mais do que pistas olfativas na ingestão dos resíduos por aves marinhas.

Dentro de Procellariiformes, os albatrozes (Diomedidae) conseguem regurgitar partes não digeridas das presas, como bicos de cefalópodes (CLARKE & PRINCE, 1981). No entanto os petréis (Procellariidae) podem demandar mais tempo para remover esses itens de seu trato gastrointestinal (COLABUONO & VOOREN, 2007). Espécies da família Procellariidae possuem um estreitamento anatômico entre o proventrículo e o ventrículo (RYAN, 1988a; COLABUONO & VOOREN, 2007; DO NASCIMENTO et al., 2022), mais pronunciado do que nos albatrozes. Esse estreitamento pode dificultar a regurgitação (COLABUONO et al., 2009). Essa questão anatômica pode estar relacionada com a maior frequência de resíduos sólidos em Procellariidae que em Diomedidae (DO NASCIMENTO et al., 2022).

Houve uma maior frequência de ocorrência de ingestão de resíduos por adultos em relação aos juvenis. Alguns estudos relatam jovens sendo mais propensos a ingerirem mais plástico do que adultos (SPEAR et al., 1995; ACAMPORA et al., 2014; LAVERS & BOND, 2016). Aves jovens são inexperientes e podem consumir mais plástico dentro da hipótese de que forrageiam em ambientes variados, como sugere Ryan (1988b). No entanto, em um estudo conduzido por Bond e colaboradores (2014), no Atlântico Norte, analisou carcaças encalhadas de três espécies de Procellariiformes e não encontraram diferenças significativas na frequência de ingestão de resíduos sólidos entre indivíduos adultos e juvenis. Aves adultas podem transferir resíduos sólidos para filhotes quando estão sendo alimentados nos ninhos (CAREY, 2011; RODRÍGUEZ, 2012), e em algumas espécies a quantidade de resíduos presente em adultos pode reduzir conforme a estação reprodutiva avança, por oferecerem material regurgitado aos filhotes (SKIRA, 1986).

A ingestão de resíduos por machos e fêmeas foi semelhante. Estudos feitos na Austrália e no Ártico com *Puffinus tenuirostris* (VLIETSTRA & PARGA, 2002; ACAMPORA et al., 2014) e outras diversas espécies de aves marinhas no Ártico e Alaska (DAY, 1980; BAAK et al., 2020b) não mostraram diferenças significativas na ingestão de plástico, bem como em cinco espécies de Procellariiformes no Pacífico (SPEAR et al., 1995). Na costa leste do Brasil machos foram relativamente mais propensos a ingerirem de resíduos do que fêmeas, mas não foi estatisticamente significativo (VANSTREELS et al., 2021). Apesar disso, Baak et al. (2020b) alertaram que fatores como o estágio de reprodução e área de forrageamento, podem influenciar. Vale ressaltar que o presente estudo avaliou indivíduos de várias espécies diferentes ao mesmo tempo e isso pode influenciar nos resultados observados.

A maior frequência de ocorrência de plástico nesta pesquisa tem sido um padrão observado em outros estudos de ingestão de resíduos por aves (COLABUONO, 2008; BOND, 2014; PROVENCHER, 2014; GALL & THOMPSON, 2015; KUHN & FRANEKER, 2020; DO NASCIMENTO, 2022; DAUDT, 2023). Isso pode estar relacionado com a maior produção e disponibilidade desse material nos oceanos ao longo dos anos (MOORE et al., 2008; ROCHMAN et al., 2013; WILCOX et al., 2015; GEYER et al., 2017; BORRELLE et al., 2020; KITZ et al., 2022; WALKER & FEQUET, 2023). Muitos itens plásticos são de uso único e podem ser reciclados poucas vezes, se tornando insustentáveis (BORRELLE et al., 2020). Estima-se que cerca de 4.900 toneladas métricas — 60% de todos os plásticos já produzidos globalmente entre 1950 e 2015 — foram descartados e estão se acumulando em aterros sanitários ou no ambiente natural (GEYER et al., 2017). No Brasil entre os anos 2010 e 2019, a geração de resíduos

sólidos urbanos aumentou de 67 milhões para 79 milhões de tonelada por ano, e a maior parte dos resíduos produzidos ainda é descartada em aterros sanitários (ABRELPE, 2020).

O metal foi o segundo resíduo mais frequente, em sua maioria, petrechos de pesca, como anzóis. A presença de anzóis como o principal item nesta categoria pode estar relacionado a aves que possuem capacidade de ingerirem presas inteiras e capturam indivíduos descartados pela pesca que continham anzóis ou outros elementos aderidos (NEL & NEL 1999; CHEREL et al., 2017). Esses itens metálicos podem levar a perfurações internas, intoxicações por metais pesados e, em casos extremos, à morte das aves (PHILLIPS et al., 2010; BERON & PON 2021). Diversas espécies, particularmente albatrozes e petréis são suscetíveis a essa interação com resíduos metálicos de pesca, dada a sobreposição de suas áreas de forrageio com zonas de pesca intensiva (PHILLIPS et al., 2006; JIMÉNEZ & DOMINGO 2007; BUGONI, et al., 2008; REID et al., 2023; ROWLEY et al., 2024). Durante a atividade de pesca, aves marinhas, como albatrozes e petréis, tentam consumir as iscas nos anzóis enquanto estes estão sendo lançados ao mar. Esse comportamento resulta na ingestão dos anzóis e frequentemente leva à captura das aves, que podem se afogar ou sofrer lesões internas fatais (ANDERSON et al., 2011).

O local do trato gastrointestinal das aves com maior frequência de ocorrência e resíduos foi o estômago (ventrículo e proventrículo), corroborando com estudos anteriores (COLABUONO et al., 2009; JIMÉNEZ et al., 2015). A maioria dos itens encontrados no esôfago foram anzóis que acabaram se aderindo à parede do tecido permanecendo retidos.

A utilização do banco de dados SIMBA foi importante para a realização deste trabalho, permitiu a obtenção de um grande número amostral ao longo de um período extenso. Contudo, alguns aspectos da plataforma poderiam ser aprimorados, como um melhor detalhamento da localização dos resíduos no trato gastrointestinal das aves, uma melhor descrição dos itens encontrados e imagens fornecidas com uma melhor qualidade e padronização. A falta de padronização na quantificação e mensuração do tamanho dos resíduos ingeridos foram questões que influenciaram na não obtenção de alguns resultados, como a determinação dos resíduos como macroplástico ou microplásticos, muitos resíduos não identificados quanto a sua categoria, indivíduos não identificados a nível de família e localização não identificada do resíduo ingerido no trato gastrointestinal. Vale ressaltar que existem métodos mais padronizados de quantificação de ingestão de resíduos sólidos como os protocolos descritos por Provencher et al. (2019) e Gallo et al. (2021), que poderiam contribuir e facilitar a obtenção de dados com um potencial comparativo maior.

Outro ponto que poderia ser incluído na avaliação das carcaças do SIMBA, é a presença ou ausência de “Plásticose”, nome atribuído por pesquisadores que caracteriza uma doença fibrótica associada a macro e micro resíduos em tecidos de aves marinhas (CHARLTON-HOWARD et al., 2023). A Plásticose, foi relatada pela primeira vez em indivíduos da espécie *Ardenna carneipes*, na Austrália, e como relatam os pesquisadores em Charlton-Howard et al. (2023), ocorre uma formação generalizada de tecido cicatricial e alterações nos tecidos podendo gerar a perda de suas estruturas de mucosa e submucosa. A avaliação da presença ou ausência dessa condição nas aves necropsiadas pode representar uma ferramenta importante, para estudos que busquem avaliar o potencial patológico da ingestão de resíduos sólidos por aves marinhas.

6. Conclusão

O presente estudo mostrou que 21 espécies de aves marinhas registradas no Brasil ingerem resíduos sólidos, sendo que ao plástico é a principal categoria, seguida do metal. O plástico é o tipo de resíduo mais comum nos oceanos, e sua produção tem aumentado ao longo dos anos. O metal, majoritariamente composto por petrechos de pesca, alerta sobre o constante impacto que as aves vêm sofrendo com atividades de pesca, sem um manejo adequado. Muitos parâmetros são importantes a serem considerados para a avaliação da ingestão de resíduos por aves marinhas, como a anatomia do trato gastrointestinal, espécies e locais de forrageamento, outros estudos mostram que avaliar sexo, idade e estágio reprodutivo também devem ser considerados. Entender quais grupos dentro das aves marinhas mais sofrem com os resíduos sólidos, pode auxiliar em estratégias mais eficientes de conservação.

7. Referencias

- ABRELPE. “Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020.” São Paulo: ABRELPE. 2020.
- ACAMPORA, H. et al. "Comparing plastic ingestion in juvenile and adult stranded short-tailed shearwaters *Puffinus tenuirostris* in eastern Australia." *Marine Pollution Bulletin*. 2014.
- AGBOOLA, O. D. & BENSON, U. N. "Physisorption and chemisorption mechanisms influencing micro (nano) plastics-organic chemical contaminants interactions: a review." *Frontiers in Environmental Science* 9. 2021.
- ALVES, V. S. et al. "Aves marinhas e aquáticas das ilhas do litoral do Estado do Rio de Janeiro." *Aves marinhas insulares brasileiras: bioecologia e conservação*. Editora da UNIVALI, Itajaí. 2004.
- ANDERSON, O. R. J. et al. "Global seabird bycatch in longline fisheries." *Endangered Species Research*. 2011.
- AFFATATI, A. & CAMERLENGHI, A. “Effects of marine seismic surveys on free-ranging fauna: a systematic literature review”. *Frontiers in Marine Science*. 2023.
- ARAÚJO, M. & CAVALCANTI, J. “Dieta indigesta: milhares de animais marinhos estão consumindo plásticos.” *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*. 2016.
- ARBELO, M. et al. “Pathology and causes of death of stranded cetaceans in the Canary Islands (1999–2005)”. *Diseases of Aquatic Organisms*. 2013.
- BAAK, J. et al. “Plastic ingestion by seabirds in the circumpolar Arctic: a review.” *Environmental Reviews*. 2020a.
- BAAK, J. E. et al. "Plastic ingestion by four seabird species in the Canadian Arctic: comparisons across species and time." *Marine Pollution Bulletin*. 2020b.
- BARBIERI, E. "Occurrence of plastic particles in procellariiforms, south of São Paulo state (Brazil)." *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2009.
- BARNES, D. K. A. et al. “Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments.” *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2009.
- BATISTELI, A.; FERREIRA, R. & SARMENTO, H. “Abundance and prevalence of plastic twine in nests of Neotropical farmland birds.” *The Wilson Journal of Ornithology*. 2019.
- BERON, M. P. & PON, S. P. J. "Fishing gear-related injuries and mortality of seabirds in coastal northern Argentina." *Marine Ornithology*. 2021.
- BLETTLER, M. C. M. & WANTZEN, K. M. “Threats underestimated in freshwater plastic pollution: mini-review.” *Water, Air, & Soil Pollution*. 2019.

- BOMBANA, B. A. et al. "Uso e conservação do oceano: Para além do que se vê." *Noções de Oceanografia*. São Paulo: Instituto Oceanográfico. 2021.
- BONANNO, G. & BONACA M. "Perspectives on using marine species as bioindicators of plastic pollution." *Marine Pollution Bulletin*. 2018.
- BOND, A. L. et al. "Plastic ingestion by fulmars and shearwaters at Sable Island, Nova Scotia, Canada." *Marine Pollution Bulletin*. 2014.
- BORRELLE, S. B. et al. "Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution." *Science* 2020.
- BRADNEY, L. et al. "Particulate plastics as a vector for toxic trace-element uptake by aquatic and terrestrial organisms and human health risk." *Environment international*. 2019.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF. 2010.
- BRETANO, R. et al. "Incidence of anthropogenic material in *Sula leucogaster* nests in a distant archipelago of Brazil." *Marine Pollution Bulletin*. 2020.
- BUGONI, L.; KRAUSE, L. & PETRY, M. V. "Marine debris and human impacts on sea turtles in southern Brazil." *Marine Pollution Bulletin*. 2001.
- BUGONI, L.; SANDER M. & COSTA, E. S. "Effects of the first southern Atlantic hurricane on Atlantic petrels (*Pterodroma incerta*)." *The Wilson Journal of Ornithology*. 2007.
- BUGONI, L. et al. "Seabird bycatch in the Brazilian pelagic longline fishery and a review of capture rates in the southwestern Atlantic Ocean." *Endangered Species Research*. 2008.
- BUREK-HUNTINGTON, K. et al. "Morbidity and mortality in stranded Cook Inlet beluga whales *Delphinapterus leucas*." *Diseases of Aquatic Organisms*. 2015.
- BURGER, J. & GOCHFEL M. "Marine birds as sentinels of environmental pollution." *EcoHealth*. 2004.
- CAMIÑAS, J. et al. "Differential loggerhead by-catch and direct mortality due to surface longlines according to boat strata and gear type." *Scientia Marina*. 2006.
- CAMPHUYSEN, C. J. & HEUBECK, M. "Marine oil pollution and beached bird surveys: the development of a sensitive monitoring instrument." *Environmental Pollution*. 2001.
- CAMPOS, S. et al. "Co-infecção e aspectos morfométricos de *Contracaecum pelagicum* (Nematoda: Anisakidae) e *Cardiocephaloides physalis* (Digenea: Strigeidae) em pinguim-de-Magalhães na baixada litorânea do Rio de Janeiro." *Enciclopédia Biosfera*. 2015.

- CAREY, M. J. "Intergenerational transfer of plastic debris by Short-tailed Shearwaters (*Ardenna tenuirostris*).\" *Emu*. 2011.
- CARNIEL, V. L., & KRUL, R. "Utilisation of discards from small-scale fisheries by seabirds in coastal waters of Paraná State, Brazil.\" *Seabird* 25. 2012.
- CASTELLOTE, M. & LLORENS C. "Review of the effects of offshore seismic surveys in cetaceans: are mass strandings a possibility?\" *The Effects of Noise on Aquatic Life II*. 2016.
- CHARLTON-HOWARD, H. S. et al. "‘Plasticosis’: Characterising macro-and microplastic-associated fibrosis in seabird tissues.\" *Journal of Hazardous Materials*. 2023.
- CHEN, C.L. & LIU, T.K. "Fill the gap: Developing management strategies to control garbage pollution from fishing vessels.\" *Marine Policy*. 2013.
- CHEREL, Y. et al. "Feeding ecology, isotopic niche, and ingestion of fishery-related items of the wandering albatross *Diomedea exulans* at Kerguelen and Crozet Islands.\" *Marine Ecology Progress Series*. 2017.
- CLARK, J. R. et al. "Marine microplastic debris: a targeted plan for understanding and quantifying interactions with marine life.\" *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2016.
- CLARKE, M. R.; CROXALL, J.P. & PRINCE, P. A. "Cephalopod remains in regurgitations of the wandering albatross *Diomedea exulans* L. at South Georgia.\" *British Antarctic Survey Bulletin*. 1981.
- COLABUONO, F. et al. "Plastic ingestion by Procellariiformes in Southern Brazil.\" *Marine Pollution Bulletin*. 2009.
- COLABUONO, F. I. & VOOREN C. M. "Diet of black-browed *Thalassarche melanophrys* and Atlantic yellow-nosed *T. chlororhynchos* albatrosses and white-chinned *Procellaria aequinoctialis* and spectacled *P. conspicillata* petrels off southern Brazil.\" *Marine Ornithology*. 2007.
- COSTA, L.N., NASCIMENTO, T. P. X., ESMAEILI, Y. S., & MANCINI, P. L. Comparing photography and collection methods to sample litter in seabird nests in a coastal archipelago in the Southwest Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, 175, 113357, 2022.
- COULSON, J. "Colonial breeding in seabirds.\" *Biology of marine Birds*. 2002.
- CROXALL, J. et al. "Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment.\" *Bird Conservation International*. 2012.
- DAUTD, A. "Padrões de distribuição espacial de aves marinhas no Brasil.\" *Dissertação (Pós-Doutorado em Oceanografia Biológica) - Universidade Federal do Rio Grande*. 2019.

- DAUDT, N. W.; BUGONI, L. & NUNES, G. T. "Plastics and waterbirds in Brazil: a review of ingestion, nest materials and entanglement reveals substantial knowledge gaps and opportunities for research." *Environmental Pollution*. 2023.
- DAY, R. H. The occurrence and characteristics of plastic pollution in Alaska's marine birds. *Tese de Doutorado apresentada a University of Alaska*. 1980.
- DELL'ARACCIA, G. et al. "Comment on "Marine plastic debris emits a keystone infochemical for olfactory foraging seabirds" by Savoca et al." *Science advances*. 2017.
- DIAS, M. P. et al. "Threats to seabirds: a global assessment." *Biological Conservation*. 2019.
- DO NASCIMENTO, G. D. et al. "Prevalência e tipos de plásticos em albatrozes e petréis (Aves: Procellariiformes): Recorte espacial da costa Sudeste e Sul do Brasil, de 2015 a 2019." *Biodiversidade Brasileira*. 2022.
- EGEVANG, C. et al. "Tracking of Arctic terns *Sterna paradisaea* reveals longest animal migration." *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010.
- FAO. "The State of World Fisheries and Aquaculture." *Towards Blue Transformation*. Rome, 2022.
- FERREIRA, M. I. P. et al. "A Sociedade do Hidrocarboneto: ônus e bônus do aquecimento econômico gerado pela cadeia produtiva do petróleo e gás em Macaé-RJ. In: Selene Herculano. (Org.). Oficina sobre impactos sociais, ambientais e urbanos das atividades petrolíferas: O caso de Macaé (RJ)". *Ied.Niterói: Laboratório de Cidadania, Territorialidade e Ambiente*. 2011.
- FIJN, R. et al. "Arctic Terns *Sterna paradisaea* from the Netherlands Migrate Record Distances Across Three Oceans to Wilkes Land, East Antarctica." *Ardea*. 2013.
- EVANS, K. et al. "Periodic variability in cetacean strandings: links to large-scale climate events." *Biology letters*. 2005.
- GALL, S. C. & THOMPSON, R. C. "The impact of debris on marine life." *Marine Pollution Bulletin*. 2015.
- GALLO, L. et al. "Métodos para Avaliação da Exposição a Poluentes Plásticos em Procellariiformes: Revisão e Padronização de Protocolos." *Biodiversidade Brasileira*. 2021.
- GEYER, R.; JAMBECK, J. R. & LAW, L. K. "Production, use, and fate of all plastics ever made." *Science advances*. 2017.
- GJERDRUM, C. et al. "Bird strandings and bright lights at coastal and offshore industrial sites in Atlantic Canada." *Avian Conservation & Ecology*. 2021.

- GRAY, J. S. "Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist." *Marine Pollution Bulletin*. 2002.
- GRIGIO, A. M. et al. "Problemas Ambientais urbanos da disposição inadequada de resíduos sólidos: O Caso de Mossoró-RN" *Pensar Geografia*. 2022.
- HOLT, E. & Miller, S. "Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts." *Nature Education Knowledge*. 2011.
- ICMBIO. "Plano Nacional para Conservação das Espécies Ameaçadas". 2023.
- JAMBECK et al. "Plastic waste inputs from land into the ocean." *Science*. 2015.
- JIMÉNEZ, S. & DOMINGO, A. "Albatros y Petreles: su interacción con la flota de palangre pelágico uruguay en el Atlántico Sudoccidental (1998-2006)." *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT*. 2007.
- JIMÉNEZ, S. et al. "Marine debris ingestion by albatrosses in the southwest Atlantic Ocean." *Marine Pollution Bulletin*. 2015.
- KITZ, R. et al. "Food packaging during the COVID-19 pandemic: Consumer perceptions." *International Journal of Consumer Studies*. 2022.
- KUHN, S., & FRANEKER J. A. V. "Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna." *Marine Pollution Bulletin*. 2020.
- LEBRETON, L.C.M. et al. "River plastic emissions to the world's oceans." *Nature communications*. 2017
- LAVERS, J. L. & BOND, A. L. "Selectivity of flesh-footed shearwaters for plastic colour: evidence for differential provisioning in adults and fledglings." *Marine Environmental Research*. 2016.
- LOPES, A.C.; BIANCHI, P. & CORRÊA, C.F. "Cidades inteligentes e os desafios da gestão do lixo no mar." *Prevenção e Controle do Lixo no mar*. 2023.
- MANCINI, P. L. et al. "Intraspecific trophic variation in brown booby (*Sula leucogaster*) from the Southwestern Atlantic." *Marine Biology*. 2023.
- MALLORY, M. L. et al. "Marine birds as indicators of Arctic marine ecosystem health: linking the Northern Ecosystem Initiative to long-term studies." *Environmental Monitoring and Assessment*. 2006.
- MATOS D.M. et al. Anthropogenic debris ingestion in a tropical seabird community: Insights from taxonomy and foraging distribution. *Science of The Total Environment*. 2023.

- MOORE, C. J. "Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat." *Environmental Research*. 2008.
- MOORE, S. E. et al. "Gray whale distribution relative to forage habitat in the northern Bering Sea: current conditions and retrospective summary." *Canadian Journal of Zoology*. 2003.
- MOSER, M. L. & LEE, D. S. "A fourteen-year survey of plastic ingestion by western North Atlantic seabirds." *Colonial Waterbirds*. 1992.
- NEL, D. C., & NEL, J. L. "Marine debris and fishing gear associated with seabirds at Sub-Antartic Marion Island, 1996/97 and 1997/98: In Relation to longline fishing activity". *CCAMLR Science*. 1999.
- NASELLI, L. & PADISÁK, J. "Ecosystem services provided by marine and freshwater phytoplankton." *Hydrobiologia*. 2023
- NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. "Ave selvagem mais velha do mundo completa 70 anos: porque ela é tão especial." *National Geographic Brasil*. 2021.
- NISHIZAWA, B. et al. "Mapping marine debris encountered by albatrosses tracked over oceanic waters." *Scientific reports*. 2021.
- NOLLKAEMPER, A. "Land-based discharges of marine debris: from local to global regulation." *Marine Pollution Bulletin*. 1994.
- NUNES, G.T. et al. "Aves marinhas no Brasil: Desafios para a conservação." *Oecologia Australis*. 2023.
- PACHECO, J.F. et al., "Checklist anotado das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos". 2021.
- PETRY, M. V. et al. "Shearwater diet during migration along the coast of Rio Grande do Sul, Brazil." *Marine Biology*. 2008.
- PETRY, M. V. & BENEMANN, V. R. F. "Ingestion of marine debris by the White-chinned Petrel *Procellaria aequinoctialis*: Is it increasing over time off southern Brazil? " *Marine Pollution Bulletin*. 2017.
- PHILLIPS, A. et al. "Ingestion of fishing gear and entanglements of seabirds: monitoring and implications for management." *Biological Conservation*. 2010.
- PHILLIPS, A. et al. "Year-round distribution of white-chinned petrels from South Georgia: relationships with oceanography and fisheries." *Biological Conservation*. 2006.
- PIANKA, E. A. "Evolutionary Ecology". *Pearson: 6ª edição*. 1999.

- PROVENCHER, J. F. et al. "Implications of mercury and lead concentrations on breeding physiology and phenology in an Arctic bird." *Environmental Pollution*. 2016.
- PROVENCHER, J. F. et al. "Ingested plastic in a diving seabird, the thick-billed murre *Uria lomvia*, in the eastern Canadian Arctic." *Marine Pollution Bulletin*. 2010.
- PROVENCHER, J. F. et al. "Prevalence of marine debris in marine birds from the North Atlantic." *Marine Pollution Bulletin*. 2014.
- PROVENCHER, J. F. et al. "Quantifying ingested debris in marine megafauna: a review and recommendations for standardization." *Analytical Methods*. 2017.
- PROVENCHER, J. F. et al. "Recommended best practices for plastic and litter ingestion studies in marine birds: Collection, processing, and reporting." *Facets* 2019.
- RAI, P. K., et al. "Adsorption of environmental contaminants on micro-and nano-scale plastic polymers and the influence of weathering processes on their adsorptive attributes." *Journal of hazardous materials*. 2022.
- REID, K., et al. "Mitigation of seabird bycatch in New Zealand squid trawl fisheries provides hope for ongoing solutions." *Emu-Austral Ornithology*. 2023.
- REZENDE, M. "Comportamento associativo de *Fregata magnificens* e *Sula leucogaster* no litoral centro-norte do Estado de São Paulo. Bol. Inst." *Oceanogr* 35. 1987.
- ROCHMAN, C. M. et al. "Classify plastic waste as hazardous." *Nature*. 2013.
- RODRÍGUEZ, A. et al. "High prevalence of parental delivery of plastic debris in Cory's shearwaters (*Calonectris diomedea*)." *Marine Pollution Bulletin*. 2012.
- ROWLEY, O. et al. "Fine scale overlap analysis of Antipodean and Gibson's albatross with pelagic longline fishing effort." *The Agreement on the Conservation of Albatrosses and Petrels*. 2024.
- RYAN, P.G. "The incidence and characteristics of plastic particles ingested by seabirds." *Marine environmental research*. 1987.
- RYAN, P. G. "Effects of ingested plastic on seabird feeding: evidence from chickens." *Marine Pollution Bulletin*. 1988a
- RYAN, P. G. "Intraspecific variation in plastic ingestion by seabirds and the flux of plastic through seabird populations." *The condor*. 1988b.
- RYAN, P.G. "Litter survey detects the South Atlantic "garbage patch"". *Marine pollution bulletin*. 2014.
- SANTOS, R.G. et al. "Marine debris ingestion and Thayer's law—The importance of plastic color." *Environmental Pollution* 214. 2016.

- SAVOCA, M. S. et al. "Marine plastic debris emits a keystone infochemical for olfactory foraging seabirds." *Science advances*. 2016.
- SAVOCA, M. S. et al. "Towards a North Pacific Ocean long-term monitoring program for plastic pollution: A review and recommendations for plastic ingestion bioindicators." *Environmental Pollution*. 2022.
- SKIRA, I. J. "Food of the short-tailed shearwater, *Puffinus-Tenuirostris*, in Tasmania." *Wildlife Research*. 1986.
- SOMENZARI, M. et al. "An overview of migratory birds in Brazil." *Papéis Avulsos de Zoologia*. 2018.
- SPEAR, L. B. et al. "Incidence of plastic in seabirds from the tropical Pacific, 1984-91: relation with distribution of species, sex, age, season, year and body weight." *Oceanographic Literature Review*. 1995.
- TASSERON, P. et al. "Plastic hotspot mapping in urban water systems." *Geosciences*. 2020.
- TAVARES, D. C. et al. "Confidence intervals and sample size for estimating the prevalence of plastic debris in seabird nests." *Environmental Pollution*. 2020.
- TAVARES, D. C. et al. "Incidence of marine debris in seabirds feeding at different water depths." *Marine Pollution Bulletin*. 2017.
- TAVARES, D. C. et al. "Environmental predictors of seabird wrecks in a tropical coastal area." *PloS One*. 2016a.
- TAVARES, D. C. et al. "Nests of the brown booby (*Sula leucogaster*) as a potential indicator of tropical ocean pollution by marine debris." *Ecological Indicators*. 2016b.
- TOURINHO, P. et al. "Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil?" *Marine Pollution Bulletin*. 2010.
- TYACK, P. L. "Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment." *Journal of Mammalogy*. 2008.
- VANSTREELS, R. E. T. et al. "Ingestion of plastics and other debris by coastal and pelagic birds along the coast of Espírito Santo, Eastern Brazil." *Marine Pollution Bulletin*. 2021.
- VLIETSTRA, L.S. & PARGA, J.A. "Long-term changes in the type, but not amount, of ingested plastic particles in short-tailed shearwaters in the southeastern Bering Sea." *Marine Pollution Bulletin*. 2002.
- WALKER, T. R., & FEQUET L. "Current trends of unsustainable plastic production and micro (nano) plastic pollution." *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2023.

- WILCOX, C. et al. "Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2015.
- WOOD, R. A., et al. "Global warming and thermohaline circulation stability." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2003.
- WRIGHT, S. L. et al. "The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review." *Environmental Pollution*. 2013.
- ZOTIER, R. et al. "Biogeography of the marine birds of a confined sea." *The Mediterranean. Journal of Biogeography*. 1999.