

LUCAS CRUZ OLIVEIRA

**Varição Latitudinal da Concentração de Poluentes Orgânicos Persistentes (Pops)
em Aves Marinhas de Ilhas Oceânicas no Atlântico Equatorial, Sul e Antártica.**

SÃO PAULO

2020

LUCAS CRUZ OLIVEIRA

**Varição Latitudinal da Concentração de Poluentes Orgânicos Persistentes (Pops)
em Aves Marinhas de Ilhas Oceânicas no Atlântico Equatorial, Sul e Antártica.**

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Química.

Orientador: Profa. Dra. Rosalinda Carmela Montone

Coorientador: Dr. Caio Vinícius Zecchin Cipro

SÃO PAULO

2020

OLIVEIRA, Lucas Cruz. Variação Latitudinal na Concentração de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) em Aves Marinhas de Ilhas Oceânicas no Atlântico Equatorial, Sul e Antártica. Dissertação (Mestrado) apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Química.

Aprovado em: __/__/____.

Versão Corrigida

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____
Julgamento _____

Instituição _____
Assinatura _____

Prof(a). Dr(a). _____
Julgamento _____

Instituição _____
Assinatura _____

Prof(a). Dr(a). _____
Julgamento _____

Instituição _____
Assinatura _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Edilene e Carlos, por todo amor, força, e confiança, assim como por acreditarem e incentivarem meus sonhos, sempre vai ser para e por vocês.

A meus orientadores, Rosalinda e Caio, obrigado por abrirem tantos caminhos e me ajudarem na construção desse trabalho, por todo conhecimento e inspiração, a admiração vai além da ciência e se torna pessoal.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado, principalmente a minha tia Clinis, e a meus primos Renan e Graziely, que me ofereceram tantos momentos de descontração, força, e acima de tudo amor quando foi mais importante.

Ao João Pedro, Matheus, e Patrícia, o 13C, sem vocês essa caminhada teria sido tremendamente difícil, obrigado por mostrarem que um lar independe de sangue e mora no amor, vocês são minha família.

Ao Ticos Ticos da USP, Débora, Bia, Jams, Veni, Tony, Basilio, Derley, Bruna, e Luanny, por todas as risadas, conversas, e acontecimentos únicos que vou levar por toda minha vida, assim como um carinho imenso por cada um de vocês.

Aos amigos que a oceanografia me deu e que serei eternamente grato por tais conexões que vão além de colegas de turma e se tornam cada vez mais amigos para vida, Felipe, Artur, Ivson, Herbert, Macy, Yago, Jacque e Marcos.

À amigos que foram importantíssimos, Matheus, Maria, Bia, Gabriel, Ivana, e Alex, por todos os momentos em que as conversas, mesmo que distantes, significaram tanto, obrigado por cada palavra e por cada risada nesse tempo que demos juntos.

Ao melhor ambiente de trabalho do mundo, O LABQOM, muito mais do que colegas de trabalho esse lugar é uma família, agradeço por me abraçarem com tanto carinho e paciência, ao Rafael, Lu, Dani, Márcia, Lorival, Patricia, Felipe, Marii Bee, Julio, Raphael, Alana, Ligia, e em especial a Josi que me ensinou os passos iniciais, sem você isso não seria possível.

Um agradecimento especial a Satie, obrigado por ser professora, técnica, e amiga, todos que passam pela sua vida sentem esse ser incrível que és, tanto no profissional quanto no pessoal, obrigado por ensinar tanto, minha admiração é eterna.

Ao Instituto Oceanográfico e a Universidade de São Paulo por toda estrutura e por me permitirem realizar este trabalho, que continuem abrindo portas para ciência.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Antártico de Pesquisas Ambientais: Impacto das Mudanças Globais na Antártica: efeitos do clima e da presença humana sobre as aves antárticas. Processo CNPq (574018/2008-5) e FAPERJ (E-26/170.023/2008) pelas amostras de ovos coletadas na Antártica e que foram parte essencial do objeto de estudo deste trabalho.

Ao Projeto Ilhas “Poluentes Orgânicos Persistentes em Aves Marinhas da Ilha da Trindade e do Arquipélago de São Pedro e São Paulo: Influência de Fatores Ecológicos nos Padrões de Contaminação e na Dispersão de Poluentes em Regiões Oceânicas – CNPq (442858/2015-9) assim como à Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM) e à Marinha do Brasil pelas amostras já coletadas e por todo apoio logístico.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (CNPQ).

RESUMO

OLIVEIRA, Lucas Cruz. **Variação Latitudinal na Concentração de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) em Aves Marinhas de Ilhas Oceânicas no Atlântico Equatorial, Sul e Antártica.** 2020. Dissertação (Mestrado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Ambientes distantes de grandes centros contaminantes, tais como ilhas oceânicas e a Antártica, têm sentido alguns efeitos negativos da crescente atividade humana, devido à introdução de contaminantes. Destacam-se os poluentes orgânicos persistentes (POPs), que foram amplamente utilizados na indústria, agricultura e saúde pública, e tendem a bioacumular em organismos, sendo nocivos à biota, principalmente para predadores de topo, como algumas aves marinhas. A ocorrência e distribuição de POPs foram avaliadas em 31 ovos gorados de 7 espécies de aves marinhas que nidificam em ilhas oceânicas: *Sula leucogaster* (n=2) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, *Onychoprion fuscatus* (n=2) e *Pterodroma arminjoniana* (n=2) no Arquipélago de Trindade e Martin Vaz, *Pygoscelis papua* (n=14), *Pygoscelis antarcticus* (n=6), *Larus dominicanus*(n=3), *Catharacta sp* (n=2) na Ilha Rei George – Antártida. Os POPs foram identificados e quantificados por cromatografia a gás com espectrometria de massas, triplo quadrupolo (GC/MS/MS). Os principais POPs foram os PCBs (1,6 a 1228) e DDTs (0,2 a 173) em ng g⁻¹ peso úmido. Os congêneres de PCBs predominantes foram os hexaclorados para espécies que nidificam em ilhas oceânicas brasileiras, enquanto para antárticas, penta e hexaclorados predominaram para *Pygoscelis* e *L. dominicanus*, e heptaclorados para *Catharacta sp*. Entre os DDTs, o congêneres predominante foi o p,p'-DDE.. No geral, aves que nidificam em ambiente antártico apresentaram concentrações de poluentes em até três ordens de grandeza acima das que nidificam em ilhas tropicais, sendo o transporte atmosférico possivelmente o principal mecanismo de entradas de contaminantes, fatores ecológicos, como dieta e migração, representaram forte influência na concentração de poluentes orgânicos persistentes.

Palavras chave: Poluentes orgânicos persistentes, Aves marinhas, Antártida, Ilhas Oceânicas.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Lucas Cruz. **Latitudinal Variation in the Concentration of Persistent Organic Pollutants (POPs) in Seabirds of Oceanic Islands in the Equatorial and South Atlantic, and Antarctic.** 2020. Dissertação (Mestrado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

In environments far from large contaminating centers, such as the oceanic islands and the Antarctic continent, some negative effects have been felt on human activity, due to the introduction of pollutants. The persistent organic pollutants (POPs) stand out, which were widely used in industry, agriculture and public health, and tend to bioaccumulate in organisms, being harmful to biota, mainly for top predators, such as some seabirds. The occurrence and distribution of POPs were evaluated in 31 hatched eggs of 7 species of seabirds that nest in oceanic islands: *Sula leucogaster* (n = 2) in the Archipelago of São Pedro and São Paulo, *Onychoprion fuscatus* (n = 2) and *Pterodroma arminjoniana* (n = 2) in the Trindade and Martin Vaz Archipelago, *Pygoscelis papua* (n = 14), *Pygoscelis antarcticus* (n = 6), *Larus dominicanus* (n = 3), *Catharacta sp* (n = 2) on King George Island - Antarctica. The predominant congeners among the PCBs were penta and hexachlorinated biphenyls for penguins and gulls, and heptachlorinated compounds for skuas. POPs were identified and quantified by gas chromatography with mass spectrometry, triple quadrupole (GC/MS/MS). The main POPs were PCBs (1.6 to 1228) and DDTs (0.2 to 173) in ng g⁻¹ wet weight. The predominant congeners of PCBs were hexachlorines for seabirds of the Brazilian oceanic islands, while for antarctic birds, penta and hexachlorates predominated for *Pygoscelis* and *L. dominicanus*, and heptachlorates for *Catharacta sp*. Among DDTs, the predominant congener was p, p'-DDE. In general, seabirds that nest in Antarctic showed concentrations of pollutants up to three orders of magnitude above those that nest in tropical islands, with atmospheric transport possibly being the main mechanism of contaminant entry, ecological factors, such as diet and migration, represented a strong influence on the concentration of persistent organic pollutants.

Key words: persistent organic pollutants, seabirds, Antarctica, Oceanic Islands.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Concentração de compostos organoclorados (ng g^{-1}) em escala global. Fonte: (WANIA; MACKAY, 1996).....	2
Figura 2 - Acima: Produção e alcance global de compostos voláteis e não voláteis. Abaixo: Destilação Global. Fonte: Adaptado de GÖKTAŞ; MACLEOD, 2016; WANIA; MACKAY, 1996.	4
Figura 3 - Biacumulação e Biomagnificação. Fonte: Adaptada World Wide Fund for Nature (WWF).....	5
Figura 4 - Estrutura geral da molécula de PCB onde x e y podem variar entre 1 e 5 átomos de cloro. Fonte: ATSDR, 2000.....	6
Figura 5 - Estrutura molecular PBDE.	8
Figura 6 - Estrutura química do DDT e seus metabólitos. Fonte: Yogui, 2002.....	10
Figura 7 - Estrutura química do mirex e pesticidas ciclodienos “drins”. Fonte: http://www.chemnet.com	11
Figura 8 - Estrutura química do Clordano. Fonte: https://commons.wikimedia.org public domain.	12
Figura 9 - Estrutura química do Hexaclorobenzeno (HCB) e isômeros de Hexaclorociclohexano (HCH). Fonte: http://www.pt.wikipedia.org	12
Figura 10 - <i>Pygoscelis antarctica</i> . Fonte: Holly Gordon, 2010. Acesso em: 16/01/2019.	15
Figura 11 - Distribuição de <i>Pygoscelis antarctica</i> : resultado de 561 observações (AADC) e distribuição estimada (70°South). Fonte: (CIPRO, 2007).	15
Figura 12 - Pinguim papua e distribuição estimada (70°South). Fonte: Cipro, 2007; Shepard, 2005. Acesso em 20/01/2019.	16
Figura 13 - <i>Larus dominicanus</i> . Fonte: Georg, 2016.....	17
Figura 14 - Distribuição <i>Larus dominicanus</i> . Fonte: Birdlife International, 2018.....	18
Figura 15 - A) <i>Catharacta maccormicki</i> (skua-polar-do-sul); B) <i>C. lonnbergi</i> (skua-sub-antártica). Fonte: A) Edwards, 2016; B) Greenhalgh, 2018.....	19
Figura 16 - Distribuição e migração de skua. Fonte: Birdlife International, 2020.....	20
Figura 17 - Atobá-Pardo (<i>Sula leucogaster</i>). Fonte: Petersson, 2017.	21
Figura 18 - Distribuição <i>Sula leucogaster</i> . Fonte: (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017).....	21
Figura 19 - Trinta-Réis-das-Rocas (<i>Onychoprion fuscatus</i>). Fonte: Teichmann, 2019. 22	22

Figura 20 - Distribuição <i>Onychoprion fuscatus</i> . Fonte: (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2020).....	23
Figura 21 - Petrel-de-Trindade (<i>Pterodroma arminjoniana</i>). Fonte: Klein, 2011.....	24
Figura 22 - Distribuição <i>Pterodroma arminjoniana</i> . Fonte: BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017.....	25
Figura 23 - Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo no Atlântico. Fonte: Ministério de Minas e Energia – CPRM.	33
Figura 24 - Localização e vista panorâmica da Ilha de Trindade. Fonte: Dias, 2010 ...	34
Figura 25 - Localização do Arquipélago de Shetland do Sul. Fonte: López-Martínez et al, 2012.	35
Figura 26 - Valores medianos das razões isotópicas de carbono ($\delta^{13}C$) e nitrogênio ($\delta^{15}N$) obtidas através da análise de ovos de aves marinhas na ilha do Rei George. As barras indicam os desvios- padrão obtidos.	45
Figura 27 - Concentrações médias de POPs nos ovos de aves da Ilha Rei George.	47
Figura 28 - Distribuição (%) dos congêneres de PCBs encontrados nos ovos das aves da Ilha do Rei George, de acordo com o grau de cloração.....	49
Figura 29 - Distribuição percentual dos DDTs e metabólitos nos ovos de aves da Ilha do Rei George.....	51
Figura 30 - Concentrações médias ($ng\ g^{-1}$) de hexaclorociclohexanos (HCHs), clordanos, e drins em ovos de aves marinhas na Ilha Rei George.	53
Figura 31 - Concentração média ($ng\ g^{-1}$) e distribuição por congêneres de PBDEs ($ng\ g^{-1}$) em ovos de aves marinhas na Ilha Rei George.	54
Figura 32 - Valores medianos das razões isotópicas de carbono ($\delta^{13}C$) e nitrogênio ($\delta^{15}N$) obtidas através da análise de ovos de aves marinhas no ASPSP (<i>S. leucogaster</i>) e Ilha de Trindade (<i>O. fuscatus</i> , <i>P. arminjoniana</i>). As barras indicam os desvios- padrão obtidos.	55
Figura 33 - Concentrações médias de POPs (ng/g^{-1} peso úmido) nos ovos de aves do ASPSP (<i>S. leucogaster</i>) e IT (<i>O. fuscatus</i> , <i>P. arminjoniana</i>).....	57
Figura 34 - Distribuição (%) dos congêneres de PCBs encontrados nos ovos das aves do ASPSP e IT, de acordo com o grau de cloração.....	59
Figura 35 - Distribuição percentual dos DDTs e metabólitos nos ovos de aves do ASPSP (<i>S. leucogaster</i>) e IT (<i>O. fuscatus</i> , <i>P. arminjoniana</i>).....	61

Figura 36 - Concentrações médias (ng g^{-1}) de ciclohexanos (HCHs) e hexaclorobenzeno (HCB) em ovos de aves marinhas do ASPSP (<i>S. leucogaster</i>) e IT (<i>O. fuscatus</i> , <i>P. arminjoniana</i>).....	62
Figura 37 - Concentração média (ng g^{-1}) e distribuição por congêneres de PBDEs (ng g^{-1}) em ovos de aves marinhas do ASPSP (<i>S. leucogaster</i>) e IT (<i>O. fuscatus</i> , <i>P. arminjoniana</i>).....	63
Figura 38 - Valores individuais de $\delta^{13}\text{C}$ $\delta^{15}\text{N}$ em ovos de aves marinhas da Ilha Rei George, Ilha de Trindade, e Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	64
Figura 39 - Razões isotópicas de Carbono e concentrações de PCBs em ovos de aves marinhas na Ilha Rei George, Ilha de Trindade, e Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	65
Figura 40 - Razões isotópicas de nitrogênio e concentrações de PCBs em ovos de aves marinhas na Ilha Rei George, Ilha de Trindade, e Arquipélago de São Pedro e São Paulo.	66

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Composição e número de isômeros dos homólogos de PCBs. Adaptado de da Silva (2019).	6
Tabela 2 - Amostras de ovos de aves marinhas coletados nas Ilhas oceânicas brasileira e Antártica em 2013.	36
Tabela 3 - Percentual de recuperação do surrogate (%) nos brancos, amostras e material de referência certificado que constituem o controle de qualidade do método.	43
Tabela 4 - Valores médios de isótopos estáveis de carbono e de nitrogênio em amostras de ovos de quatro espécies de aves marinhas coletadas na Ilha do Rei George.....	45
Tabela 5 - Concentrações médias e amplitude obtidas em ng/g, em aves marinhas antárticas.....	46
Tabela 6 - Valores médios de isótopos estáveis de carbono e de nitrogênio em amostras de ovos de três espécies de aves marinhas no ASPSP (<i>S. leucogaster</i>) e Ilha de Trindade (<i>O. fuscatus</i> , <i>P. arminjoniana</i>).	55
Tabela 7 - Concentrações médias e amplitude obtidas de poluentes orgânicos persistente (ng/g ⁻¹ peso úmido), em ovos de aves marinhas do arquipélago de São Pedro e São Paulo (<i>S. leucogaster</i>) e ilha de trindade (<i>O. fuscatus</i> , <i>P. arminjoniana</i>).	56

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)	3
1.2. Bifenilos Policlorados (PCBS)	5
1.3. Éteres Difenílicos Polibromados (PBDES)	7
1.4. Pesticidas Organoclorados (POCs)	8
1.5. Isótopos Estáveis	13
1.6. Aves Marinhas	14
1.7. Poluentes orgânicos persistentes em aves marinhas	25
2. OBJETIVO	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. Área de Estudo	31
3.1.1. Arquipélago de São Pedro e São Paulo	31
3.1.2. Arquipélago de Trindade e Martin Vaz	33
3.1.3. Ilhas Rei George	35
3.2. Processo Laboratorial	36
3.2.1. Amostragem	36
3.2.2. Determinação de poluentes orgânicos persistentes (POPs)	36
3.2.3. Cuidados analíticos	37
3.2.4. Solução Padrão	37
3.2.5. Condições Cromatográficas	38
3.2.6. Preparação das amostras para análise de organoclorados em ovos. .	38
3.2.7. Extração	38
3.2.8. Purificação dos extratos	40
3.2.10. Limite de Quantificação do Método	41
3.2.11. Controle de Qualidade	41
3.3. Determinação de Isótopos estáveis	43
3.4. Análise estatística	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Ilha Rei George	45
4.1.1. Isótopos Estáveis	45

4.1.2. Poluentes Orgânicos Persistentes	46
4.2. Ilhas Brasileiras	54
4.2.1. Isótopos Estáveis	54
4.2.2. Poluentes Orgânicos Persistentes	56
4.3. VARIAÇÃO LATITUDINAL	64
5. CONCLUSÕES	67
6. REFERÊNCIAS	68
7. ANEXOS	87

1. INTRODUÇÃO

O interesse para as questões ambientais a partir da segunda metade do século XX, colocou em evidência um dos problemas contemporâneos de maior amplitude: a poluição dos oceanos e de regiões costeiras ao redor do mundo. Segundo (ISLAM & TANAKA, 2004), a poluição marinha é definida pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar como

A introdução, pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou energia no ambiente marinho, incluindo estuários, resultando em efeitos deletérios, como danos aos recursos vivos, riscos à saúde humana, impedimento às atividades marinhas, incluindo pesca, prejuízo da qualidade. para uso da água do mar e redução de benefícios.

Os oceanos são, na maioria das vezes, o destino de lixos e poluentes produzidos pela sociedade. Desde o aparecimento do homem, os mais variados resíduos têm sido produzidos e lançados nos rios, mares e na atmosfera, 77% dos contaminantes que se demonstram tóxicos para o ambiente marinho advém de atividades terrestres e já não existe área no planeta que não seja afetada pela influência humana (HALPERN et al., 2008; WILLIAMS, 1996).

Dentre os contaminantes mundialmente distribuídos, destacam-se os Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Com produção a partir de meados de 1930, os POPs são compostos orgânicos sintéticos que possuem grande estabilidade química e, devido ao transporte de longa distância, são encontrados em concentrações relativamente altas até mesmo em ambientes remotos (BUSTNES et al., 2007; JONES & DE VOOGT, 1999). Alguns destes poluentes são considerados altamente tóxicos e uma grande variedade de efeitos crônicos pode ser atribuída a eles, incluindo disfunção endócrina, mutagênese e carcinogênese (TANABE, 2004).

Amplamente distribuídos, POPs alcançam ambientes que em princípio estariam livres de contaminação, como Ártico, Antártida, e ilhas oceânicas. A Figura 1 representa POPs encontrado em cascas de árvore ao redor do mundo. (HESKETT et al., 2012;

MOORE & JONES, 2007). Tais ambientes, polos e ilhas, sustentam uma importante assembleia faunística, muitas vezes possuindo espécies endêmicas (NOGUÉ et al., 2017; PUGH & CONVEY, 2008).

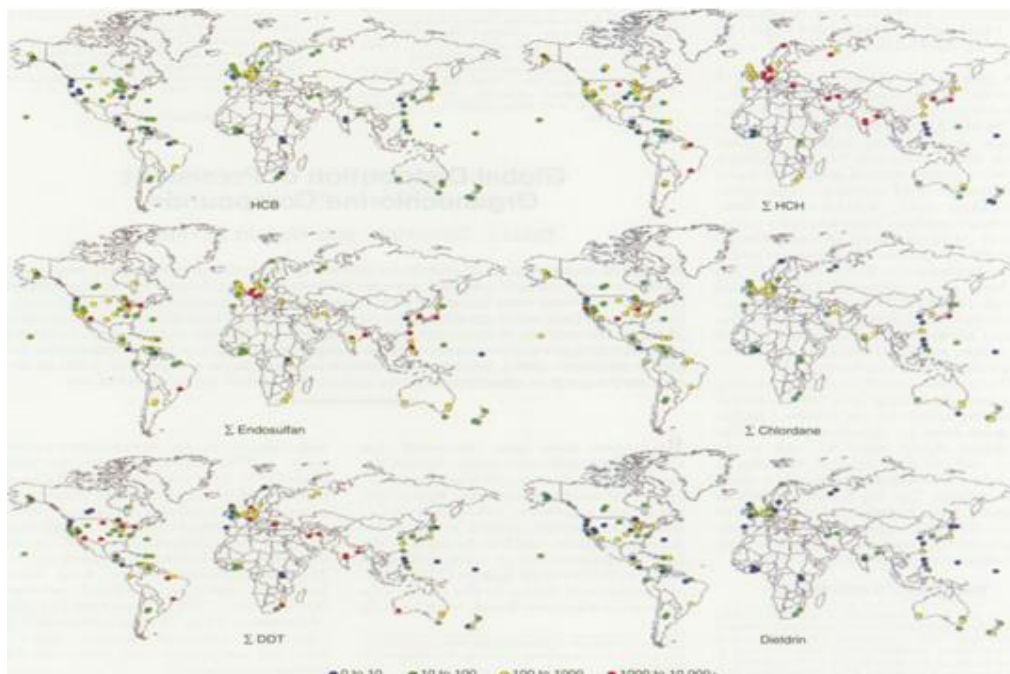


Figura 1 - Concentração de compostos organoclorados (ng g^{-1}) em cascas de árvore em escala global. Fonte: (WANIA; MACKAY, 1996).

A amostragem direta de contaminantes em algumas regiões é logisticamente desafiadora, elementos químicos traço e POPs movem-se pelos compartimentos biótico e abiótico de um ecossistema e podem ser detectados em tecidos de animais, tornando estes excelentes bioindicadores da contaminação adjacente (RAMOS & GONZÁLEZ-SOLÍS, 2012).

O uso de predadores de topo, tais como algumas espécies de aves marinhas, como indicadores de qualidade ambiental marinha, revelou importantes tendências de transferência de poluentes na teia trófica em vários ecossistemas (FINKELSTEIN et al., 2006; SANPERA et al., 2007). Diversos estudos demonstram a contaminação de aves e outros organismos por POPs, tanto em ambiente Antártico, quanto em ilhas brasileiras (COLABUONO et al., 2015b; DIAS et al., 2013; YOGUI & SERICANO, 2009).

A transferência de poluentes entre mãe e filhote em diversos organismos, incluindo aves, já foi documentada em estudos (ACKERMAN et al., 2016; LEWIS & BECKER, 1993). Sensíveis a contaminação de modo geral, e ao ocuparem posições altas em cadeias alimentares, tais espécies são mais susceptíveis a toxicidade dos contaminantes, devido à biomagnificação ao longo da cadeia trófica (MUÑOZ & VERMEIREN, 2020; SCHEUHAMMER et al., 2007)

1.1. Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)

Devido a características físico-químicas na estrutura dos POPs, tais como persistência ambiental, ou seja, sua resistência à degradação fotolítica, química e biológica, associada a lipossolubilidade e semi-volatilidade, tais compostos podem alcançar regiões distantes de suas fontes produtoras (figura 2A), tal processo é conhecido como “destilação global” (WANIA & MACKAY, 1993).

Ao sofrer evaporação em baixas latitudes, os POPs alcançam a atmosfera, onde são transportados e se depositam em regiões distantes da sua origem, tal deposição tende a ser mais eficaz em regiões com temperaturas baixas (pólos e montanhas). Tal processo tende a ser contínuo, sofrendo posterior evaporação e condensação, se movendo então em um processo apelidado de “efeito gafanhoto” (BARBER et al., 2005), exemplificado na figura 2B.

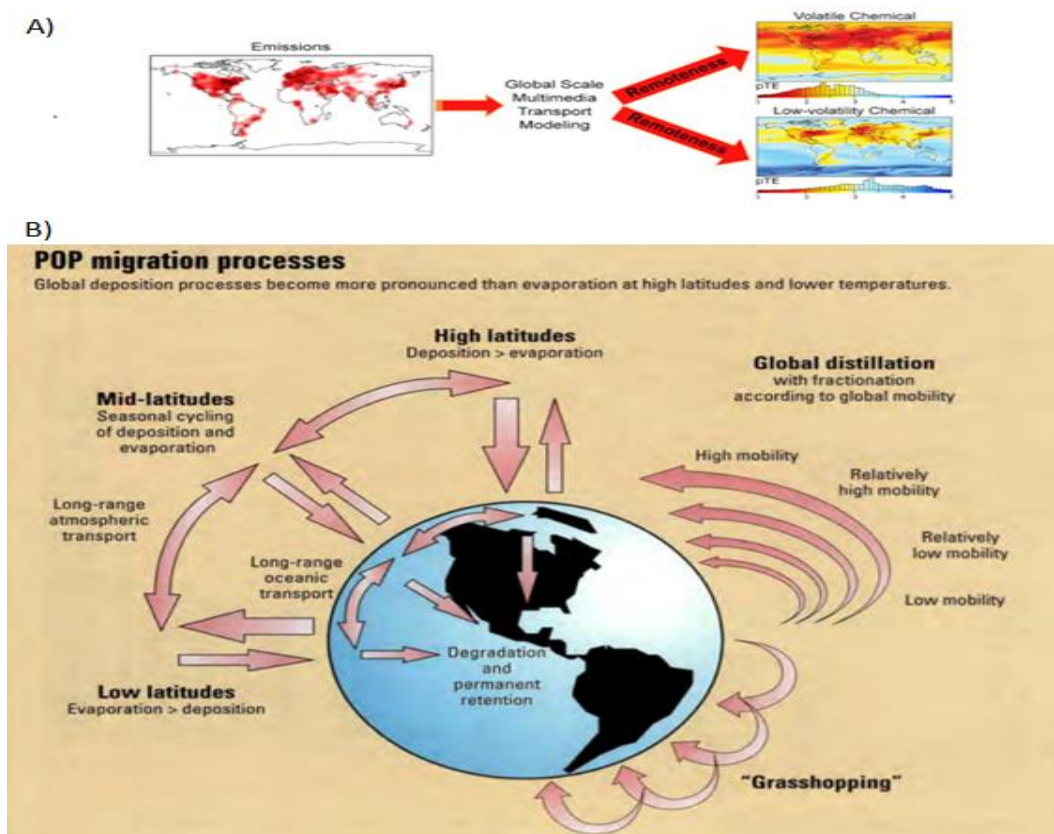


Figura 2 - Acima: Produção e alcance global de compostos voláteis e não voláteis. Abaixo: Destilação Global. Fonte: Adaptado de GÖKTAŞ; MACLEOD, 2016; WANIA; MACKAY, 1996.

Devido a problemáticas decorrentes da utilização de POPs, ocorreu em 2001, na capital da Suécia, a Convenção de Estocolmo, um acordo internacional visionado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, com o intuito de criar políticas públicas tendendo à restrição global da produção e o uso de substâncias orgânicas sintéticas, hidrofóbicas e tóxicas (muitos compostos apresentam efeitos adversos como disfunções endócrinas, carcinogênicos); são persistentes e sofrem biomagnificação e bioacumulação na cadeia trófica (Figura 3), sendo de grande preocupação devido os efeitos deletérios à biota aquática e terrestre (PAUWELS et al., 1999; SULTAN et al., 2001).

Bioacumulação é o processo pelo qual poluentes são transferidos para um organismo por qualquer meio possível, incluindo contato, ingestão e respiração, resultando em maiores concentrações em comparação com a fonte (MANN et al., 2011).

Biomagnificação ocorre quando o contaminante passa ao longo do nível trófico e acumula em níveis mais altos, de modo que em alguns predadores excede a concentração esperada em que o equilíbrio prevalece entre organismo e ambiente (ALEXANDER, 1999).

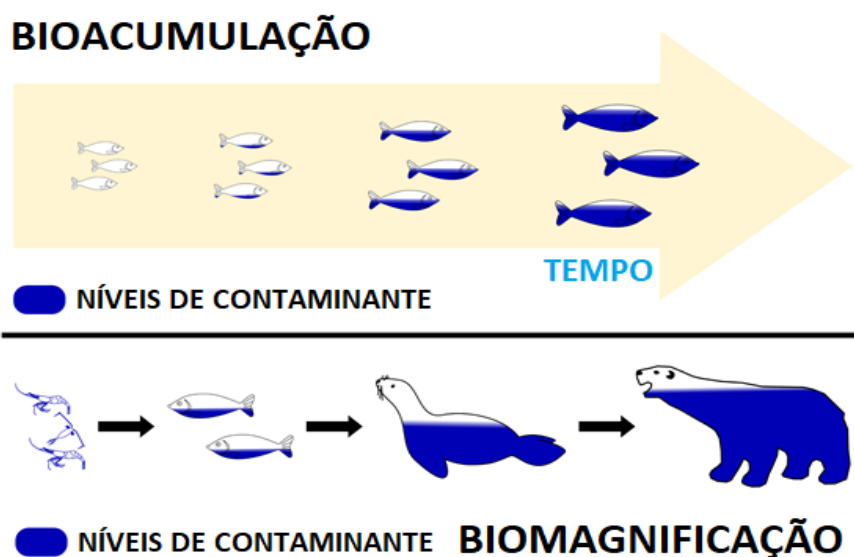


Figura 3 - Bioacumulação e Biomagnificação. Fonte: Adaptada World Wide Fund for Nature (WWF).

Possuindo 152 países signatários, entre eles o Brasil, a Convenção de Estocolmo entrou no ordenamento jurídico nacional por meio do Decreto No 5:472, de 2005; possuindo em seu primeiro artigo o expresso objetivo de proteger a saúde humana e o meio ambiente dos poluentes orgânicos persistentes. Estabeleceu uma lista de 12 POPs prioritários, que são os mais persistentes e bioacumuláveis, sendo oito pesticidas organoclorados (Aldrin, Dieldrin, Endrin, Clordano, Heptacloro, DDT, Toxafeno e Mirex), dois produtos industriais (bifenilos policlorados (PCBs) e Hexaclorobenzeno (HCB), o qual também tem ação inseticida) e dois resíduos de atividades humanas não intencionais (dioxinas e furanos).

1.2. Bifenilos Policlorados (PCBS)

Os PCBs (Figura 4) formam um grupo de 209 compostos orgânicos que podem ter 1 a 10 cloros (Tabela 1). Possuem alta constância dielétrica e resistências a altas temperaturas, e foram utilizados em transformadores e capacitores, como fluidos isolantes, tintas e vernizes, borracha e resinas de poliéster, retardantes de chama e aditivos

de óleos lubrificantes (CLARK, 2001).

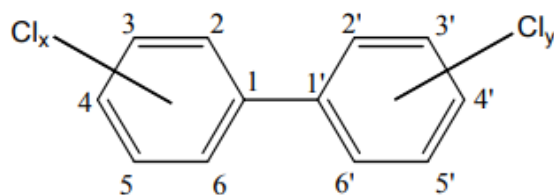


Figura 4 - Estrutura geral da molécula de PCB onde x e y podem variar entre 1 e 5 átomos de cloro. Fonte: ATSDR, 2000.

Estes compostos foram fabricados em vários países, porém com diversas denominações: nos EUA como “Aroclor”, fabricado pela Monsanto; na Alemanha como “Chlophen”, pela Bayer; na França como “Phenoclor”, pela Prodelec; no Japão como “Kanechlor”, pela Kanegafuchi (AFGHAN & CHAU, 1989). Os PCBs nunca foram fabricados no Brasil, porém foram muito utilizados em transformadores como óleos isolantes sob a denominação de Ascarel (ANTONELLO et al., 2007).

Uma vez proibida a fabricação, comercialização e uso dessas misturas, a presença de PCBs no ambiente ocorre devido à redistribuição das substâncias de um compartimento a outro, influenciadas pela destilação global e alta persistência do composto (USEPA, 2002).

A dispersão destes poluentes tem como principal mecanismo o transporte atmosférico, o grau de cloração dos compostos influencia na dispersão, sendo que os de menor grau tendem a migrar para locais mais distantes de sua fonte de produção, e os de maior grau, por sua vez mais pesados molecularmente, tendem a se depositar em regiões próximas a suas fontes (WANIA & MACKAY, 1996).

Tabela 1 - Composição e número de isômeros dos homólogos de PCBs. Adaptado de da Silva (2019) (continua).

Fórmula molecular dos PCBs	Número de isômeros
$C_{12}H_{10}$	1
$C_{12}H_9Cl$	3
$C_{12}H_8Cl_2$	12

$C_{12}H_7Cl_3$	24
$C_{12}H_6Cl_4$	42
$C_{12}H_5Cl_5$	46
$C_{12}H_4Cl_6$	42
$C_{12}H_3Cl_7$	24
$C_{12}H_2Cl_8$	12
$C_{12}HCl_9$	3
$C_{12}Cl_{10}$	1

Segundo (ERICKSON, 1997) os PCBs apresentam alta solubilidade em materiais orgânicos, e são praticamente insolúveis em água, assim, se acumulam em tecidos adiposos de organismos contaminados (BOUREZ et al., 2012).

1.3. Éteres Difenílicos Polibromados (PBDES)

Os éteres difenílicos polibromados (PBDEs) (Figura 5) são compostos sintéticos utilizados em inúmeros produtos de consumo para redução ou prevenção da propagação do fogo, como retardantes de chamas bromados (Brominated Flame Retardants-BFRs), dentre os setores e itens utilizados, destacam-se indústria têxtil, eletrônicos, plásticos, automóveis, e construção civil (DE WIT, 2002; FUOCO et al., 2009). Com similaridades estruturais aos PCBs, esses compostos se tornaram motivo crescente de preocupação, devido a sua persistência ambiental por longos períodos, sofrendo transporte atmosférico e bioacumulação em organismos (MCDONALD, 2002).

Ubíquos no ambiente, PBDEs vêm sendo detectados no ar, água, sedimentos, e, devido a sua característica lipofílica, responsável por sua maior concentração em tecidos gordurosos, a concentração do contaminante tem sido reportada em diversos organismos (DARNERUD, 2003; LI et al., 2011).

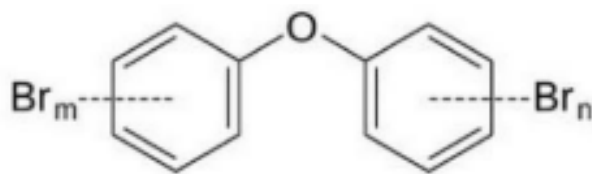


Figura 5 - Estrutura molecular PBDE.

Na estrutura dos PBDEs, dois grupos fenil são ligados por um átomo de oxigênio (Figura 5), e, devido ao número e posições diferentes de substituintes de bromo nos dois anéis fenil, teoricamente é possível a existência de um total de 209 congêneres, entre os quais aproximadamente 30 são normalmente encontrados em amostras ambientais (LI et al., 2011). Os principais produtos comerciais contêm principalmente misturas de pentabromodifenil éter (penta-BDE), octabromodifenil éter (octa-BDE) e decabromodifenil éter (deca-BDE) (COSTA et al., 2008).

O primeiro país a proibir a produção e uso dos PBDEs foi a Suécia em 1999, seguidos de uma proibição dos congêneres penta- e octa-BDE pela união europeia em 2003, e nos Estados Unidos em 2004, e, desde maio de 2010, sua produção e uso foram proibidos mundialmente (HOOPMANN et al., 2012).

A produção mundial de PBDEs em 1992 era estimada em 150 mil toneladas por ano (DE WIT, 2002) e, apesar da proibição, IKONOMOU (2002), estimou que até 2050, no Ártico, as concentrações de PBDEs ultrapassem as de PCBs.

O baixo peso molecular dos congêneres tri- a hexa-BDEs faz com que sejam facilmente absorvidos, fracamente eliminados, e por isso altamente bioacumulados (CASCAES, 2009) e congêneres com maior peso molecular, como octa- e deca-BDEs, apresentam baixo potencial acumulativo, porém, maior resistência ambiental, sendo transportado por maiores distâncias, além de permanecer mais tempo no ambiente (SIDDIQI, 2003).

1.4. Pesticidas Organoclorados (POCs)

Os pesticidas organoclorados (POCs) são compostos contendo hidrocarbonetos e vários substituintes de cloro. Apresentam estabilidade química e suas meias-vidas podem

variar de alguns meses a vários anos; em alguns casos décadas e, portanto, são muito persistentes no ambiente, e, tendem a se acumular em tecidos ricos em gordura. Têm sido usados mundialmente para controlar pragas agrícolas e doenças transmitidas por vetores (TSYGANKOV, 2019).

Os compostos mais amplamente utilizados principalmente nas décadas de 1940 a 1960 e que foram banidos ou restritos pela Convenção de Estocolmo são: Dicloro-difenil-tricloroetano (DDTs) (o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDT, p,p'-DDT), mirex, drins (Aldrin, Dieldrin, Endrin e Isodrin), clordanos (cis-clordano, trans-clordano, heptacloro, heptacloro epóxido), hexaclorociclohexanos (HCHs) (α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH), e hexaclorobenzeno (HCB).

O DDT é um inseticida de ampla utilização a partir de 1939, devido ao baixo custo e, por se tratar de um pesticida de alta toxicidade e persistência, sua meia-vida no solo é superior a 10 anos, onde continua exercendo sua propriedade inseticida (CLARK, 2001).

Segundo YOGUI (2002), o DDT foi sintetizado pela primeira vez em 1874 por Othmar Zeidler, mas suas propriedades inseticidas foram descobertas apenas em 1939, por Paul Muller, que recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1948 pela importância da descoberta e pelo posterior uso no combate a mosquitos transmissores de doenças, porém, esses animais passaram a desenvolver resistência ao composto e os efeitos ambientais negativos foram evidenciados.

No meio ambiente, o DDT se converte em outras formas químicas mais estáveis, como o DDE e o DDD (Figura 6). Esses dois metabólitos de diclorodifeniletanos são muito persistentes no ambiente e são encontrados no solo, água e ar. Na transformação por via oxidativa, a molécula do DDT perde um átomo de hidrogênio e outro de cloro, resultando na molécula DDE. Por via redutiva, ocorre apenas a perda de um átomo de cloro, resultando na formação do DDD. YOGUI (2002) cita que a forma menos tóxica dos metabólitos é o DDE, e a mais encontrada em organismos, estimando-se que aproximadamente 80% do total de DDTs.

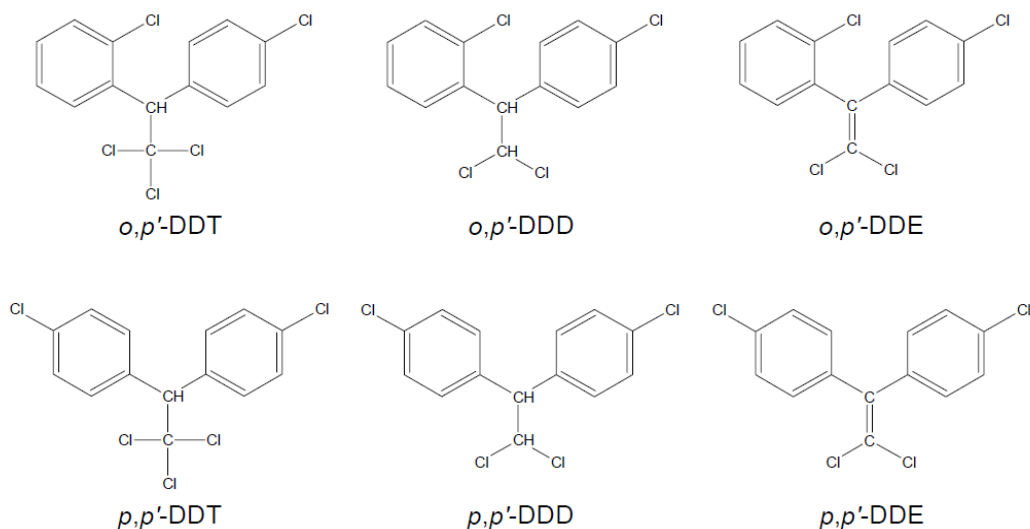


Figura 6 - Estrutura química do DDT e seus metabólitos. Fonte: Yogui, 2002.

O mirex (Figura 7) foi um pesticida amplamente utilizado para o controle de formigas e cupins no sudeste dos Estados Unidos (ALLEY, 1973). Segundo o autor, relatos de indução de tumores e toxicidade em organismos estuarinos, e a alta persistência ambiental, foram pontos apontados contra a utilização do pesticida. FERNÍCOLA & OLIVEIRA (2002) citam que a mesma substância, porém com o nome de declorano, foi amplamente utilizada como retardador de chama, nos EUA em alguns casos superou o uso agrícola, e no Canadá sequer foi registrado como agrotóxico.

Os “drins” são um grupo de pesticidas que incluem o aldrin, dieldrin, endrin e isodrin (Figura 7). O aldrin foi utilizado no tratamento de sementes e estruturas de madeiras, assim como inseticida para o controle de pragas na agricultura. O dieldrin possui as mesmas aplicações do aldrin, e foi utilizado na saúde pública para o controle de moscas tsé-tsé e outros vetores de doenças tropicais. O endrin é um praguicida de amplo espectro, utilizado no controle de insetos, roedores e aves. E o isodrin, possui aplicações na agricultura semelhante aos outros drins e foi utilizado no controle da malária (WHO, 2009)

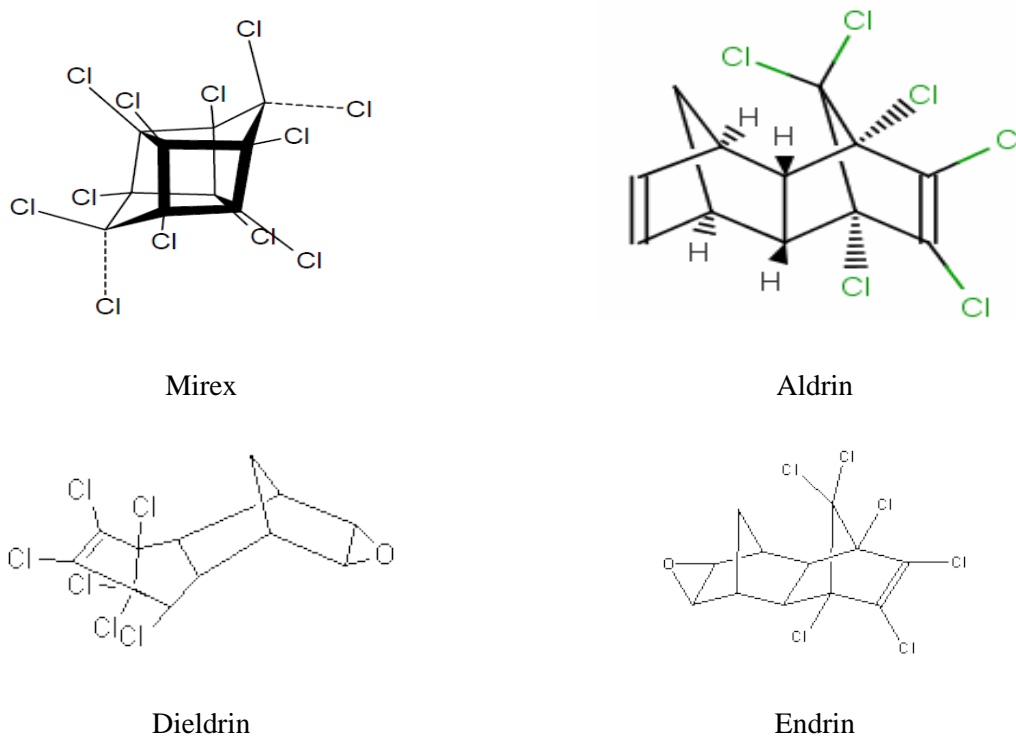


Figura 7 - Estrutura química do mirex e pesticidas ciclodienos “drins”. Fonte: <http://www.chemnet.com>.

Os clordanos (figura 8) são substâncias químicas utilizadas como pesticidas, tendo sido amplamente utilizados nos Estados Unidos entre 1948 e 1988 (ATSDR, 2018). É uma mistura de mais de 140 compostos, sendo sua composição aproximada: 15% cis-clordano, 15% trans-clordano, 21,5% de isômeros de clordene, 3,8% heptacloro, 9,7% trans-nonacloro, 2,7% cis-nonacloro, 3,9% octaclordano, 2,6% “Composto K”, 2,2% dihidroclordene, 2% Nonaclor, 10,2% de três estereoisômeros do dihidroheptacloro. Os 33% restantes são uma mistura de 135 outros compostos (FERNÍCOLA & OLIVEIRA, 2002).

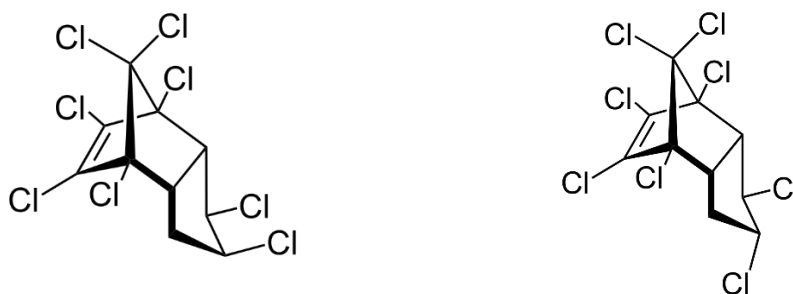


Figura 8 - Estrutura química do Clordano. Fonte: <https://commons.wikimedia.org> public domain.

Os HCHs começaram a ser utilizados quase na mesma época do DDT (Figura 9), estes são inseticidas de amplo espectro utilizado no tratamento de sementes e solo, aplicação sobre frutas, legumes, árvores, madeiras e materiais estocados, tratamento contra ectoparasitas em animais e na saúde pública para o controle de piolhos (COLABUONO, 2011).

O hexaclorobenzeno (HCB) é um fungicida (figura 09), introduzido no mercado em 1945, amplamente utilizado na proteção de sementes e prevenção de fungos em grãos, além de ser empregado na manufatura de fogos de artifício, munições e borracha sintética (WHO, 1991). Sua introdução no ambiente ocorre também como subproduto de diversos processos industriais, durante a manufatura, combustão ou decomposição de produtos clorados (WHO, 1991; YOGUI, 2002).

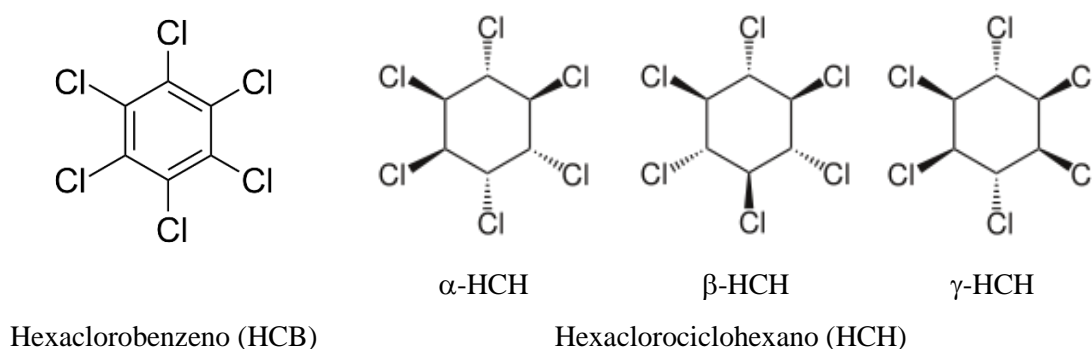


Figura 9 - Estrutura química do Hexaclorobenzeno (HCB) e isômeros de Hexaclorociclohexano (HCH). Fonte: <http://www.pt.wikipedia.org>.

Devido a tais características, principalmente a toxicidade, alcance, e persistência ambiental, a presença de POPs em diversos compartimentos do globo tem sido objeto de estudo, incluindo em ambientes remotos (CIPRO et al., 2019; DIAS et al., 2018; WANIA & MACKAY, 1996).

1.5. Isótopos Estáveis

Nos últimos anos constata-se um crescimento do uso de isótopos estáveis em diferentes campos da ciência, dentre estes, em estudos ecológicos (CAXITO & SILVA, 2015; COLABUONO, 2011).

Atualmente, os isótopos estáveis de hidrogênio (H), oxigênio (O), enxofre (S), nitrogênio (N), e carbono (C), sendo os dois últimos aplicados neste estudo, são os principais utilizados em estudos ambientais por serem ferramentas úteis ao estudo de ciclos de matéria e energia no ambiente (PEREIRA & BENEDITO, 2008; PETERSON & FRY, 1987).

Diferentemente dos elementos de H e O, que são utilizados principalmente na determinação da composição da água utilizada pelos vegetais, os isótopos de S, N, e C, são empregados para elucidar vias fotossintéticas, processos fisiológicos nos vegetais ou na determinação das fontes de alimento para consumidores em teias alimentares aquáticas ou terrestres (WASSENAAR & HOBSON, 1998).

As razões isotópicas do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e do nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$), são utilizadas, respectivamente, para identificar padrões de distribuição, e como indicador de posição trófica. Tal aplicação é possível devido ao fracionamento destes elementos, ou seja, processos que causam mudanças nas abundâncias relativas dos isótopos, gerando razões isotópicas específicas devido a alteração da razão entre o isótopo leve (^{14}N e ^{12}C) e o isótopo pesado (^{15}N e ^{13}C), que por sua vez podem ser medidas com grande precisão através da utilização de um espectrômetro de massa (PETERSON & FRY, 1987).

A assinatura isotópica de qualquer animal é reflexo de sua dieta (DENIRO & EPSTEIN, 1978). Dependendo do tecido analisado, o “turnover”, ou seja, a taxa de renovação tecidual resultante do constante estado dinâmico ao qual as substâncias do corpo, orgânicas e inorgânicas, estão submetidas, pode fornecer informações sobre um determinado período do ciclo de vida de um animal em diferentes escalas temporais, dependendo da matriz analisada (BARRETT et al., 2002).

Diversos estudos têm demonstrado correlações entre contaminantes orgânicos e isótopos estáveis de carbono e nitrogênio em aves marinhas (EULAERS et al., 2013;

HONG et al., 2014; MORRISSEY & ELLIOTT; ORMEROD, 2010), visto a relação direta dieta-contaminação, que, como dito anteriormente, devido ao processo de biomagnificação, quanto maior for a posição do organismo na rede trófica, maior a concentração de poluentes.

Ovos são considerados uma importante fonte para investigação isotópica da dieta de aves, visto que são formados a partir de nutrientes derivados da fêmea momentos antes da postura, assim refletem o turnover de tecidos necessários para sua produção (DENADAI et al., 2006; HOBSON, 1995).

A análise isotópica pode elucidar quanto às diferentes vias de alimentação, assim como sobre a posição tróficas das espécies, auxiliando na comparação latitudinal, entre as espécies migrantes e não migrantes habitantes de latitudes mais altas.

1.6. Aves Marinhas

O conhecimento da ecologia e biologia das aves marinhas, em seus respectivos ecossistemas, é essencial para a interpretação e avaliação da ocorrência e concentrações de poluentes orgânicos (DIAS, 2015). As aves selecionadas para o estudo abrangem sete espécies marinhas, sendo quatro que nidificam em ambiente antártico (*Pygoscelis: P. papua* e *P. Antarcticus*; *Larus dominicanus*; e *Chataracta sp*), e três que nidificam em ilhas brasileiras (*Sula leucogaster*, *Pterodroma arminjoniana*, *Onychoprion fuscatus*).

Pinguim antártico (*Pygoscelis antarctica*)

O pinguim antártico (Figura 10) é uma das três espécies de *Pygoscelis*, junto com o pinguim papua (*P. papua*) e o pinguim de Adélia (*Pygoscelis adeliae*), que se alimentam na Península Antártica (STEIG et al., 2009). Possui cerca de 68 cm de comprimento, íris vermelha, as órbitas negras, assim como o bico, e as pernas e pés rosados. A espécie não possui dimorfismo sexual, ou variações morfológicas sazonais.



Figura 10 - *Pygoscelis antarctica*. Fonte: Holly Gordon, 2010. Acesso em: 16/01/2019.

A primeira penugem dos indivíduos possui coloração cinza prateada, a segunda pode dar continuidade à esta, ou, havendo variações, possuir coloração marrom na parte superior e tons mais claros nas partes inferiores (HARRISON, 1985).

A área de reprodução está localizada principalmente nas ilhas Geórgia do Sul, Shetland do Sul, South Orkney, South Sandwich e Anver. Há grupos menores nas Ilhas Balleny, Bouvet, e Peter First (HARRISON, 1985). Sua área de distribuição (Figura 11) está estimada entre 50 e 100 mil km² (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017).

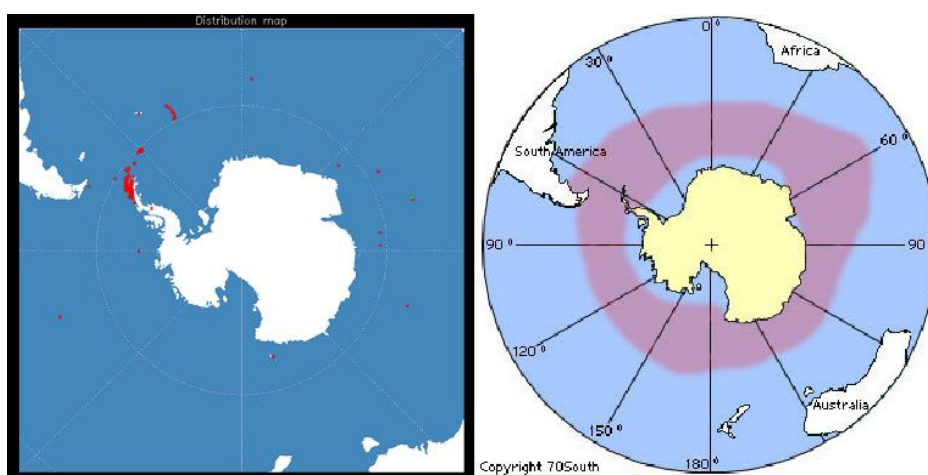


Figura 11 - Distribuição de *Pygoscelis antarctica*. Fonte: (CIPRO, 2007).

A população do pinguim antártico tem apresentado uma relativa diminuição, especificamente em todo sul das ilhas Shetland do Sul, quando se consideram as informações publicadas sobre o tamanho da população reprodutora dessa espécie (BARBOSA et al., 2012; TRIVELPIECE et al., 2011). Tal redução tem sido associada à diminuição dos estoques de *krill* devido a mudanças climáticas, assim como a outros fatores, tais como a atividade humana associada ao turismo e ao impacto das estações de pesquisa (BARBOSA et al., 2012; TRATHAN et al., 2008).

Pinguim papua (*Pygoscelis papua*)

O pinguim papua possui um contraste em relação aos outros do gênero *Pygoscelis* em relação ao tamanho do corpo, sendo o maior do gênero com aproximadamente 81 cm; possui hábitos sedentários, sendo menos gregário e frequentemente se reproduz em colônias menores (BOST & JOUVENTIN, 1990). Segundo os mesmos autores, a espécie é presente em muitas ilhas subantárticas e na península Antártica, de 46° a 65°S (Figura 12), porém HARRISON (1985), destaca a presença de algumas colônias à 43°S, em regiões na costa da Argentina. A distribuição está representada na figura 12.

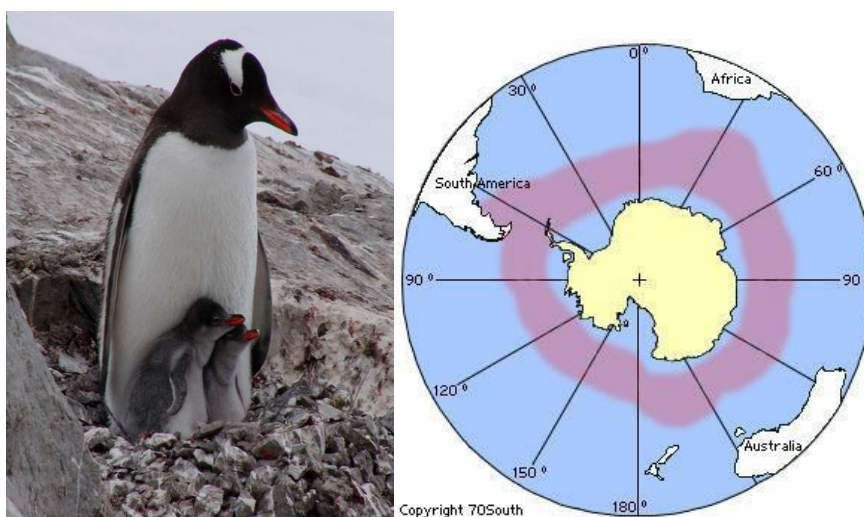


Figura 12 - Pinguim papua e distribuição estimada (70°South). Fonte: Cipro, 2007; Shepard, 2005. Acesso em 20/01/2019.

Essa espécie é facilmente reconhecida pelo padrão de cores na cabeça, não apresenta dimorfismo sexual nem variações sazonais, embora a plumagem antes de sofrer

a muda pareça mais marrom, possui a parte superior do corpo negra e a inferior branca, os ovos da espécie são postos entre agosto e novembro, e os juvenis se emplumam e partem entre dezembro e março e os adultos partem após realizar a muda entre março e junho (HARRISON, 1985).e

Diferente das outras espécies de *Pygoscelis*, a população do pinguim papua tem apresentado um aumento, e um suposto deslocamento para regiões mais ao sul (LYNCH et al., 2012). Tal aumento é relacionado a uma maior taxa de sobrevivência e não ao sucesso reprodutivo em comparação às outras espécies (LYNCH et al., 2010).

A população da espécie é estimada em 314 mil pares, com 75% se distribuindo em ilhas subantárticas, e 25% na península antártica, porém, devido ao deslocamento citado acima, ocorre um incremento nas populações da península, e uma redução nas populações das ilhas mais ao norte.

Gaivotão (*Larus dominicanus*)

Popularmente conhecido como gaivotão, o *L. dominicanus* (Figura 13) distribui-se amplamente no Hemisfério Sul (Figura 14), ocorrendo na América do Sul, África do sul, Austrália, Nova Zelândia, nas ilhas subantárticas e Península Antártica, e, no hemisfério Norte, apesar de não ser frequentemente avistado, há registros na costa dos EUA (BANKS et al., 2002; DEL HOYO et al., 1996).



Figura 13 - *Larus dominicanus*. Fonte: Georg, 2016.

Segundo YORIO & BERTELLOTTI (2002) o gaivotão possui hábito alimentar generalista, oportunista e onívoro, aproveitando inúmeras fontes alimentares, consumindo desde peixes e invertebrados, até fontes artificiais, resultantes de atividades humanas, como depósitos de lixo, detritos produzidos em matadouros ou nas atividades pesqueiras, além de comportamento cleptoparasita, roubando a caça ou alimento de outra espécie.



Figura 14 - Distribuição *Larus dominicanus*. Fonte: Birdlife International, 2018

Segundo FAVERO et al. (1997) apesar de tais hábitos alimentares, na região da península antártica e proximidades, durante a época de reprodução e cria dos filhotes, a alimentação mais frequente do gaivotão, é o invertebrado *Nacella concinna*, chegando a representar 90% da fonte de alimento, e 40% das calorias ingeridas, entre todos analisados em sua dieta: carniça, anfípodas, outros moluscos, peixes e eufausídeos.

Skua (*Gênero Catharacta*)

Na Península Antártica e ao redor das Shetland do Sul há relatos da ocorrência de duas espécies de skua: *C. mccormicky*, e *C. antarctica lonnbergi* (RITZ et al., 2008). Ambas são muito semelhantes (Figura 15), e não possuem taxonomia bem esclarecida, ocorrendo até mesmo hibridização comprovadas entre essas espécies, com híbridos viáveis e férteis (PIETZ, 1987; VOTIER et al., 2004). Segundo (RITZ et al., 2006)

acredita-se que a separação entre as duas espécies tenha ocorrido durante o último grande evento de glaciação.



Figura 15 - A) *Catharacta maccormicki* (skua-polar-do-sul); B) *C. lonnbergi* (skua-sub-antártica). Fonte: A) Edwards, 2016; B) Greenhalgh, 2018.

As skuas serão tratadas apenas pelo gênero, devido a semelhança já comprovada, e durante a coleta não ter ocorrido o reconhecimento da espécie, apenas do gênero ao qual o ovo coletado pertencia.

Skuas são considerados predadores oportunistas, catadores e cleptoparasitas, em uma ampla variedade de organismos, se alimentando de ovos e aves menores, carcaças, peixes, krill, moluscos e anfípodas (BARRAQUAND et al., 2014; MOORS, 1980). Segundo Cipro (2011), a presença humana na região antártica tem levado ao consumo de lixo cada vez mais recorrente na dieta das espécies. Sua reprodução é relatada em toda costa antártica e em ilhas subantárticas ao redor da península, sendo que, a espécie *C. maccormicky* pode se reproduzir em completa dependência de alimento marinho, sem estabelecer territórios próximos a colônias de pinguins e outras aves (COSTA & ALVES, 2007). A espécie *C. lonnbergi* depende de recursos terrestres (pinguins, carniça ou lixo de estações) para garantir o sucesso da reprodução (PHILLIPS et al., 2004; PIETZ, 1987).

Skuas realizam migração trans-equatorial durante o inverno austral (Figura 16), sendo que espécimes mais juvenis tendem a se dispersar por grande parte do Pacífico e Atlântico norte, sendo encontradas em regiões costeiras do Alasca, Groenlândia, e Europa

, enquanto espécies adultas tendem a fazer migrações mais ao sul, como no Mediterrâneo, e noroeste da África (HBW AND BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017; SHANK, 1988; VOTIER; BEARHOP & FURNESS, 2004).



Figura 16 - Distribuição e migração de skua. Fonte: Birdlife International, 2020.

Atobá (Sula leucogaster)

Pertencente a uma das três famílias de atobá que se reproduzem no Brasil, o atobá-pardo (Figura 17) é o único que nidifica no arquipélago de São Pedro e São Paulo, sendo que as outras duas espécies realizam paradas temporárias na ilha para alimentação e descanso (BARBOSA FILHO, 2004). Possui ampla distribuição mundial entre as latitudes 30°N e 30°S, representado na figura 18 (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017).



Figura 17 - Atobá-Pardo (*Sula leucogaster*). Fonte: Petersson, 2017.

A dieta, para a espécie encontrada em ASPSP, é bem estabelecida, caracterizada principalmente por crustáceos pelágicos, ovos e larvas de peixes pelágicos, zooplâncton, e principalmente por peixes voadores (*Cypselurus cyanopterus*, *Exocoetus volitans e Oxyporhamphus micropterus*) que chegam a representar até 93% dos regurgitos (NAVES et al., 2002; VASKE et al., 2005). Segundo DIAS (2010) a espécie tende a ocupar o mesmo território no arquipélago e produzir ovos e ninhegos em todos os meses do ano, porém com maior intensidade de setembro a maio.

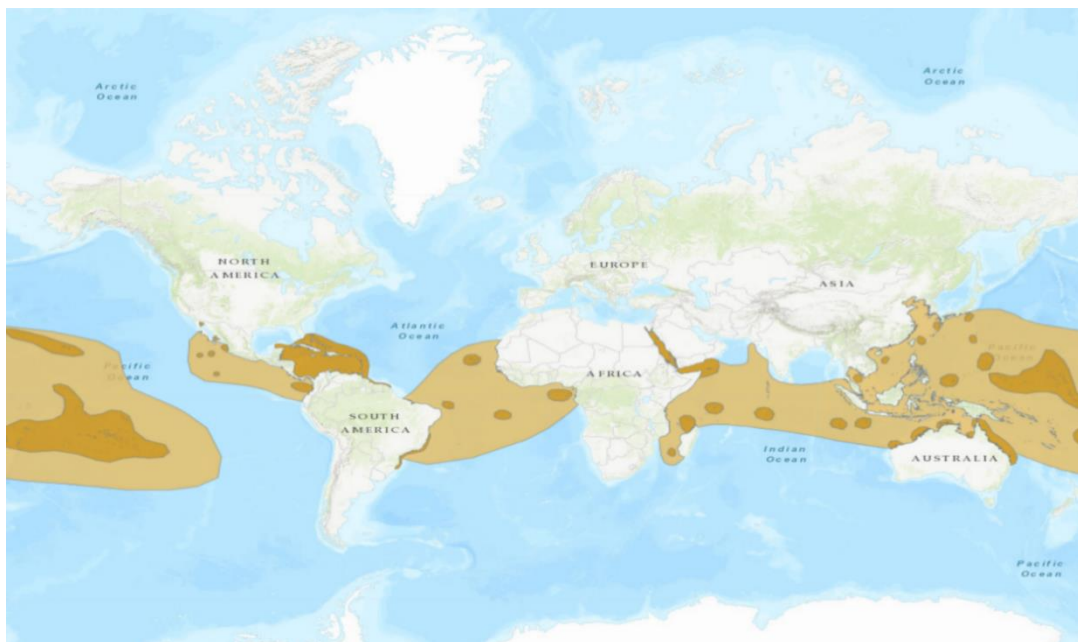


Figura 18 - Distribuição *Sula leucogaster*. Fonte: (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017).

Trinta-Réis-das-Rocas (*Onychoprion fuscatus*)

O trinta-réis-das-rocas (figura 19) é uma ave marinha pelágica amplamente distribuída pelos trópicos, sendo encontrada em grandes colônias que podem chegar a centenas de milhares de pássaros (Figura 20) (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017). Apesar de não possuir o tamanho da população conhecida, o status atual de conservação da espécie é considerada como pouco preocupante, e acredita-se que a tendência populacional do trinta-réis não esteja diminuindo a ponto de se aproximar dos limiares sob o critério de tendência populacional (declínio de 30% em dez anos ou em três gerações) (HUGHES et al., 2017).



Figura 19 - Trinta-Réis-das-Rocas (*Onychoprion fuscatus*). Fonte: Teichmann, 2019.

A espécie se reproduz tanto em ilhas tropicais quanto subtropicais produtivas (figura 20), abundantes em plâncton, peixes, e lulas, e, apesar de altamente pelágica, geralmente evita áreas com correntes frias, e ilhas com predadores terrestres (DEL HOYO et al., 1996). Sua dieta consiste predominantemente de lulas e peixes pequenos, se alimentando ocasionalmente de crustáceos, insetos e vísceras (DEL HOYO, 1996; BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2020)

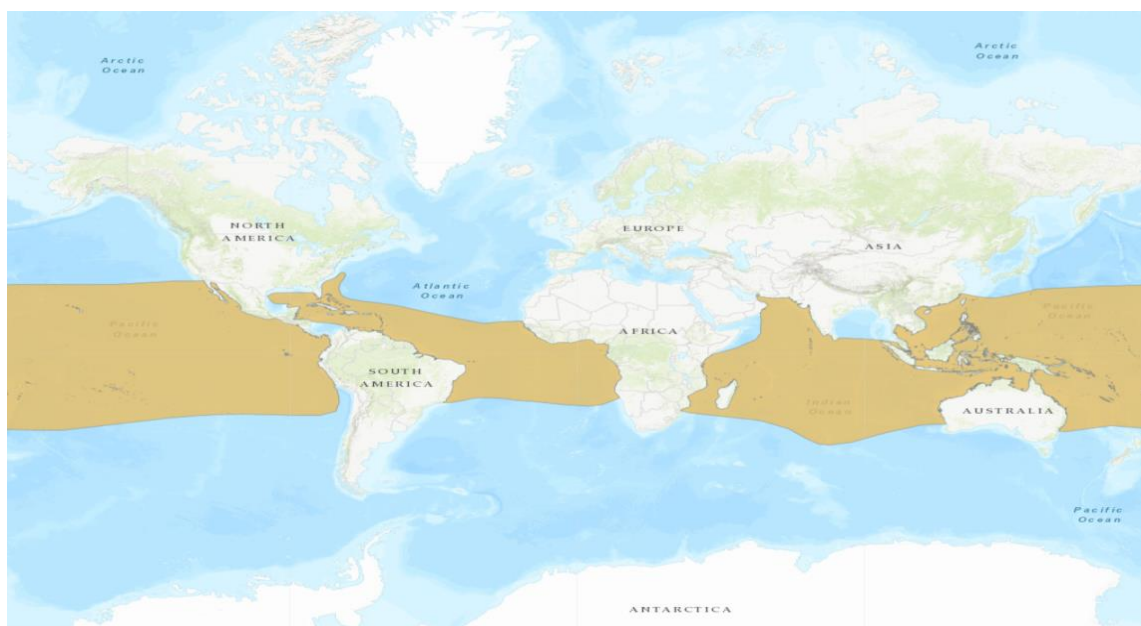


Figura 20 - Distribuição *Onychoprion fuscatus*. Fonte: (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2020)

Petrel-de-Trindade (*Pterodroma arminjoniana*).

A *Pterodroma arminjoniana* (Figura 21), é uma espécie considerada como vulnerável pela Birdlife International (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017) e ameaçada de extinção pelo Ministério do Meio Ambiente (ICMBio, 2000). Segundo (LUIGI et al., 2009), é a única espécie da família Procellariiformes a nidificar em território brasileiro, com população estimada em 1.130 casais que se reproduzem ao longo de todo o ano.



Figura 21 - Petrel-de-Trindade (*Pterodroma arminjoniana*). Fonte: Klein, 2011.

Apresentam elevado grau de variação de plumagem (polimorfismo), ocorrendo aves de ventre claro (morfo claro) e escuro (morfo escuro), assim como diversas plumagens com padrões de coloração intermediários entre estes dois extremos (MURPHY & PENNOYER, 1952). A dieta é constituída principalmente de peixes e cefalópodes, estes últimos por sua vez são predados principalmente durante a noite (KRÜGER et al., 2016; RAMOS et al., 2017).

Durante a estação de reprodução, os petréis-de-trindade realizam migração do atlântico central, para águas subtropicais ao largo da costa da Argentina, e durante as estações não reprodutivas, migram para águas temperadas do atlântico norte para invernar (Figura 22) (PINGUINHAS, 2006; SAVIGNY et al., 2005).

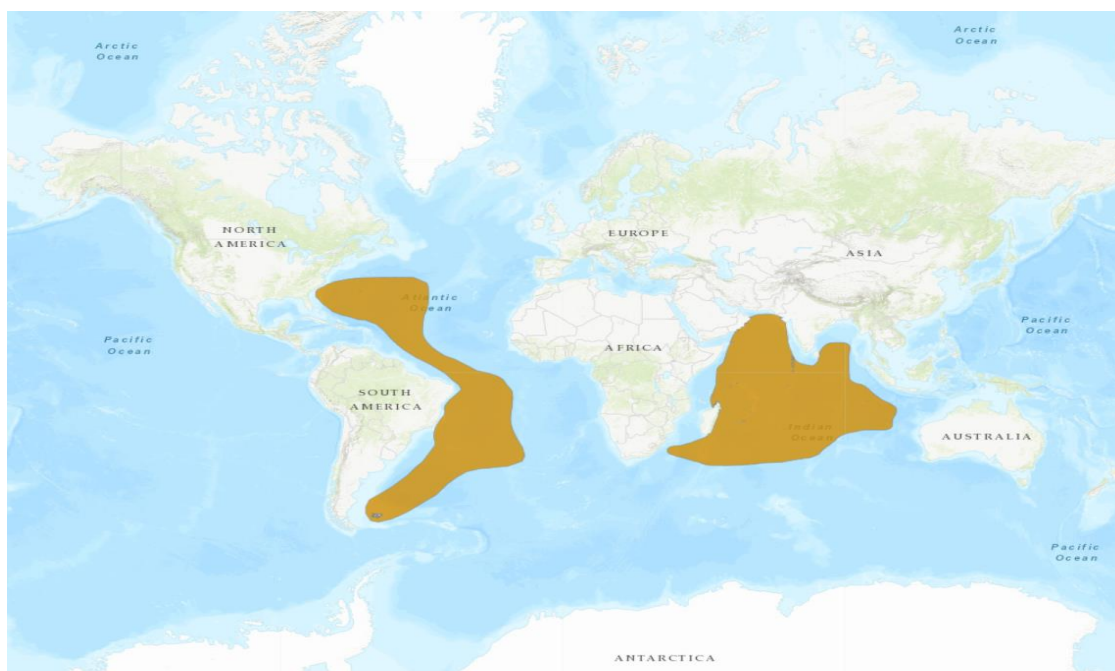


Figura 22 - Distribuição *Pterodroma arminjoniana*. Fonte: BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017.

1.7. Poluentes orgânicos persistentes em aves marinhas

As aves tiveram um papel importante na conscientização dos problemas sobre poluição. O movimento ambiental moderno começou com a publicação, em 1962, do clássico “A Primavera Silenciosa”, de Rachel Carson, que descrevia os resultados do uso indevido de DDT e outros pesticidas. Na fábula que começou esse volume, ela escreveu: “Era uma primavera sem vozes. Nas manhãs que outrora palpitavam com o coro do amanhecer de tordos, pombas, gralhas, gaivotas, gaiolas e outras vozes de pássaros agora não há som; apenas o silêncio repousa sobre os campos, bosques e pântanos. O livro “A Primavera Silenciosa” foi fortemente atacado pela indústria de pesticidas e por entomologistas pouco treinados, mas sua base científica resistiu ao teste do tempo. Um dos exemplos de efeitos nocivos é a fragilização da casca de ovos em aves causada pelo metabólito pp’-DDE que interfere no metabolismo do cálcio (ANDERSON & HICKEY, 1972). O uso indevido de pesticidas é agora amplamente reconhecido por ameaçar não apenas as comunidades de aves, mas também as comunidades humanas.

Estudos sobre resíduos de organoclorados têm sido realizados desde o início dos anos 1960 com evidência de alteração na estrutura e dinâmica de população de aves. Os

primeiros casos de declínio populacional relacionados com DDT, ou inseticidas análogos, foram relatados em aves na Europa e América do Norte. As altas concentrações de POPs detectadas nos tecidos de gavião e falcão peregrino na Grã-Bretanha e a águia calva nos Estados Unidos da América evidenciaram claramente efeitos letais e toxicidade direta em aves predadoras adultas (VASSEUR & COSSU-LEGUILLE, 2006). Vários trabalhos posteriores também focaram na contaminação de organoclorados principalmente em aves terrestres ou áreas costeiras (JASPERS et al., 2007; PEARCE et al., 1989; STICKEL et al., 1984).

WALKER (1990) revisou os trabalhos sobre POPs realizados entre 1963 e 1984 e constatou a ocorrência de p,p'-DDE e dieldrin e PCBs em diversas espécies de aves (Procellariiformes, Pelecaniformes and Charadriiformes) nas regiões costeiras da Inglaterra e Irlanda, Mar Morto, Mediterrâneo e os Grandes Lagos, Canadá.

No Brasil, o trabalho pioneiro de Weber (1983) também relata a ocorrência de DDT e PCBs em ovos e músculo de aves da espécie *Sula leucogaster* que nidifica no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Um estudo realizado duas décadas depois detectou valores comparáveis desses poluentes para a mesma espécie na região (DIAS et al., 2013).

Os POPs também foram detectados em aves pelágicas e migratórias. As concentrações de PCBs e seu potencial tóxico foram examinados na gordura subcutânea de oito albatrozes e uma espécie de petrel coletados no Pacífico Norte e no Oceano Antártico por GURUGE et al. (2001). Os valores médios de PCBs nas aves do Oceano Antártico foram 1 ou 2 ordens de magnitude inferiores às dos albatrozes do Pacífico Norte, cujo valor médio foi de $92 \mu\text{g g}^{-1}$ de peso úmido para o albatroz-de-patas-pretas. Não foi observada diferença significativa de gênero no acúmulo de PCB.

KUNISUE et al. (2003) verificaram os padrões de acúmulo de organoclorados em aves residentes e migratórias em vários países da Ásia. Os autores constataram que as espécies aviárias são bioindicadores úteis para elucidar o status de contaminação de organoclorados em locais de reprodução, locais de parada e de inverno, uma vez que as aves residentes refletem diretamente o status de poluição local específico da área de

amostragem, e as aves migratórias refletem não apenas o status de poluição da área de amostragem, mas também aqueles em suas rotas migratórias.

COLABUONO et al. (2012) analisaram tecidos de 100 aves pertencentes a oito espécies de Procellariiformes coletadas durante o período de migração no sul do Brasil. Embora os perfis de PCBs e OCPs foram semelhantes entre os indivíduos, com predominância de penta, hexa e heptaclorobifenilos e pp'-DDE, as concentrações de organoclorados exibiram um alto grau de variabilidade intra-espécies.

Baixas concentrações de POPs foram observadas por DIAS et al. (2018) em tecidos de 5 espécies de aves que nidificam no Atol das Rocas, ilha brasileira localizada no setor Atlântico equatorial. No geral, os compostos predominantes (PCBs, DDTs e HCB) foram consistentes com os padrões observados em estudos de outras aves marinhas de baixa latitude e alta latitude.

Há um grande número de relatos sobre POPs em pinguins e outras aves antárticas. O primeiro estudo foi realizado por RISEBROUGH et al. (1976) em ovos de pinguins de diferentes áreas na Península Antártica e comparado com dados de pinguins em ilhas subantárticas. Os resultados mostraram que a atmosfera foi a principal via de transporte de PCBs e DDTs para a Antártica. Trabalhos posteriores confirmaram a presença de POPs em pinguins antárticos. CIPRO et al. (2010) detectaram PCBs, DDTs e HCB em ovos gorados de pinguins da Baía do Almirantado, Ilha Rei George durante os verões austrais de 2005 a 2007 e sua ocorrência parece ser espécie-específica para o gênero *Pygoscelis*. ZHANG et al. (2007) também observaram o acúmulo de POPs similares (PCBs > DDTs > HCB > HCHs) em amostras de ovos de pinguins na Península Fildes próximo da estação chinesa “Grande Muralha” na Ilha Rei George, Antártica. CORSOLINI et al. (2011) avaliaram POPs em ovos gorados de pinguins Adélie e skuas (*Catharacta lombergi*) em duas áreas: Estreito de Bransfield e Mar de Ross. PCBs foram os contaminantes mais abundantes e as concentrações mais altas foram detectadas em skuas que são aves migratórias.

A presença de POPs também foi determinada em diferentes órgãos e tecidos de aves antárticas. CORSOLINI et al. (2007) observaram diferentes modelos de acúmulo de POPs

em sangue de 3 espécies de pinguins sendo os valores mais altos em pinguins Adelie. A presença de PCBs e pesticidas organoclorados também foi observada em gordura de pinguins e skuas coletadas no verão de 1997 por TANIGUCHI et al. (2009) na Baía do Almirantado, Antártica. Valores similares de PCBs foram medidos nas mesmas espécies de pinguim coletadas quase uma década depois, no verão de 2005/2006. Os filhotes das 3 espécies de *Pygoscelis* apresentaram perfil similar de PCB com predominância dos congêneres menos clorados (MONTONE et al., 2016).

POPs em ovos de cinco espécies de aves das Ilhas Shetland do Sul foram determinados por COLABUONO et al. (2015). Os PCBs foram predominantes nos ovos de *Macronectes giganteus*, *Catharacta antarctica* e *Larus dominicanus*, enquanto o hexaclorobenzeno (HCB) foi o principal composto encontrado nos ovos de *Pygoscelis antarcticus* e *Sterna vittata*. Os congêneres do PBDE foram detectados apenas nos ovos de *C. antarctica* (PBDE 47 e 153) e *S. vittata* (PBDE 47). Os embriões de *M. giganteus* também foram analisados e apresentaram diferenças de até duas ordens de grandeza as quais foram relacionadas ao estágio de desenvolvimento e concentrações de organoclorados nos respectivos ovos. Os autores observaram um aumento nas concentrações de alguns organoclorados nos últimos anos em comparação com dados da literatura.

Trabalhos recentes mostram que a presença de POPs ainda é observada em aves marinhas. ADROGUÉ et al. (2019) detectaram POPs em penas corporais de albatroz-de-sobrancelha-preta (*Thalassarche melanophris*) e petréis do cabo (*Daption capense*), duas espécies de aves marinhas pelágicas. O padrão OCPs> PCBs> PBDEs foi observado em ambas as espécies, sendo que o petrel do cabo mostrou concentrações mais altas que o albatroz-de-sobrancelha-preta, provavelmente como consequência da maior mobilização lipídica e disponibilidade de poluentes durante a dispersão. CARRAVIERI et al. (2020) avaliaram POPs em sangue em filhotes de aves em regiões subtropicais e Antártica na faixa latitudinal 37° e 66° Sul. Os resultados mostram baixas concentrações de POPs, em particular PCBs, mas também a maioria dos pesticidas organoclorados (clordanos, Mirex, metabólitos de DDT), que foram detectados em muito poucos indivíduos. Como esperado, a única exceção a esse padrão geral foi o HCB, um POP conhecido por

bioacumular e biomagnificar fortemente nas redes alimentares do Oceano Antártico.

Pelo exposto acima é importante continuar monitorando a longo prazo a presença de POPs em aves marinhas pelágicas, cujos resultados fornecerão importantes informações sobre a dinâmica desses poluentes e suas vias de exposição nos ecossistemas marinhos. O presente trabalho está vinculado ao projeto “Poluentes orgânicos persistentes em aves marinhas da Ilha Trindade e Arquipélago de São Pedro e São Paulo: influência de fatores ecológicos nos padrões de contaminação e na dispersão de poluentes em regiões oceânicas” (processo CNPq 442858/2015) e contribuirá para preencher as lacunas sobre a ocorrência de POPs no Oceano Atlântico Sul.

2. OBJETIVO

Avaliar a ocorrência e distribuição de poluentes orgânicos persistentes (POPs) e a influência de fatores ecológicos em 7 espécies de aves marinhas que nidificam em Ilhas Oceânicas Brasileiras: *Sula leucogaster* (Arquipélago de São Pedro e São Paulo) *Onychoprion fuscatus*, *Pterodroma arminjoniana* (Arquipélago de Trindade e Martin Vaz) e ilhas Antárticas: *Pygoscelis papua*, *Pygoscelis antarcticus*, *Larus dominicanus*, *Catharacta sp* (Ilha Rei George – Antártida).

Objetivos específicos:

- Determinar bifenilos policlorados (PCBs), pesticidas organoclorados (POCs) e difenis éteres polibromados (PBDEs) nos ovos de 7 espécies de avifauna marinha que nidifica em ilhas oceânicas brasileiras e antárticas.
- Determinar a razão isotópica do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e do nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) em ovos das espécies estudadas para avaliação do nível trófico.
- Correlacionar os fatores ecológicos (dieta, nível trófico, ocorrência e distribuição espacial) com a bioacumulação de POPs em aves marinhas nas ilhas oceânicas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

Ilhas oceânicas são ambientes insulares relativamente distantes da costa, produtos de soerguimentos tectônicos, vulcanismo ou o resultado de crescimento orgânico sobre fundações originadas pelos dois primeiros processos (PAULAY, 1994).

Devido ao isolamento e limitação geográfica, geralmente a biodiversidade das ilhas é bastante particular, mesmo ocupando aproximadamente 5% da cobertura terrestre, tais ambientes insulares suportam uma importante assembleia faunística, com 61% de todas as espécies extintas, e 37% das criticamente ameaçadas de extinção confinadas a suas terras (TERSHEY et al., 2015).

As ilhas abordadas no estudo compreendem os ao Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Arquipélagos de Trindade e Martin Vaz, e a Ilha de Rei George, pertencente ao Arquipélago Shetland do Sul, na Antártida.

3.1.1. Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (figura 23) [ASPSP (0°55'02"N, 29°20'42"W)] é um conjunto formado por 15 ilhas rochosas (10 menores e 5 ilhas principais), cuja área total emersa soma aproximadamente 15000 m² (AMARAL et al., 2000). O menor arquipélago oceânico brasileiro localiza-se 100 km ao norte da Linha do Equador, no cume da cordilheira Meso-Atlântica, a uma distância de 1100 km da costa do Rio Grande do Norte e a 1700 km da costa do continente Africano (BEZERRA et al., 2017; HAZIN et al., 2008).

O ASPSP não possui origem vulcânica, é a única localidade oceânica em que ocorre a exposição *in-situ* do manto abissal acima do nível do mar, por isso, difere litologicamente das demais ilhas oceânicas do Atlântico (DARWIN, 1877; MOTOKI et al., 2009).

As quatro ilhas maiores (Belmonte, Sudeste, Nordeste e Cabral) formam uma enseada com forma de ferradura, separadas por canais estreitos, com dimensões médias de 100 m de comprimento, 50 m de largura, e 8 m de profundidade, com sedimentos

oriundos de atividades biológicas e desagregação de rochas que constituem o arquipélago (BURGOS et al., 2009).

A região está sob influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), resultando em altos índices pluviométricos, principalmente durante o primeiro semestre, já durante o segundo, a ZCIT encontra-se mais ao norte do ASPSP, ocasionando menor precipitação (VIANA et al., 2009). O intenso regime de chuvas resulta em uma diminuição da salinidade superficial das águas que circundam o arquipélago, com valores médios de 35,5 (TRAVASSOS et al., 1999).

O regime de marés é semidiurno, com amplitude de 2,5 m. As águas superficiais possuem temperatura média de 27°C e são fortemente influenciadas pela Corrente Sul Equatorial (SEC), que flui no sentido Leste-Oeste (L-O) com velocidade média de 20m/s. Entre 50-100 metros de profundidade, as águas do arquipélago são influenciadas pela Corrente Sul Equatorial (CSE), que flui na direção oposta à SEC, no sentido O-L, com velocidade média de 100 m/s (TRAVASSOS et al., 1999).

O ASPSP possui um padrão hidrológico complexo, derivado principalmente da convergência entre a SEC e a CSE. Em conjunto com a topografia acidentada do fundo marinho da região, com presença de montes e depressões abruptas, a confluência das correntes produzem vórtices que podem alterar a estrutura da camada de mistura das águas profundas ao redor do arquipélago, possibilitando ressurgências locais, o que exerce forte influência no ciclo de vida de muitas espécies migratórias (peixes, crustáceos e aves), que utilizam a região como zona de alimentação e reprodução (CAMPOS et al., 2005).

Devido à sua distância da costa, é registrado um alto grau de endemismo entre espécies da região, tais como 4 peixes recifais (VASKE et al., 2005), 7 esponjas (MOHR et al., 2009), 19 moluscos, incluindo um cefalópode (LEITE et al., 2008) que foram registrados apenas no arquipélago, demonstrando a importância da conservação e pesquisa na área. Além, o ASPSP possui importante fauna adjacente, espécies raras e ameaçadas de extinção, como o Tubarão Baleia (*Rhincodon typus*) (PIERCE, 2016) têm sido avistadas na região (HAZIN et al., 2008), além de ser habitat para carangueijos aratus (*Grapsus grapsus*), e aves marinhas, como o Atobá-marrom, a viuvinha preta

(*Anous minutus*), e a viuvinha escura (*Anous stolidus*), principais constituintes da fauna das ilhas (VIANA et al., 2015).

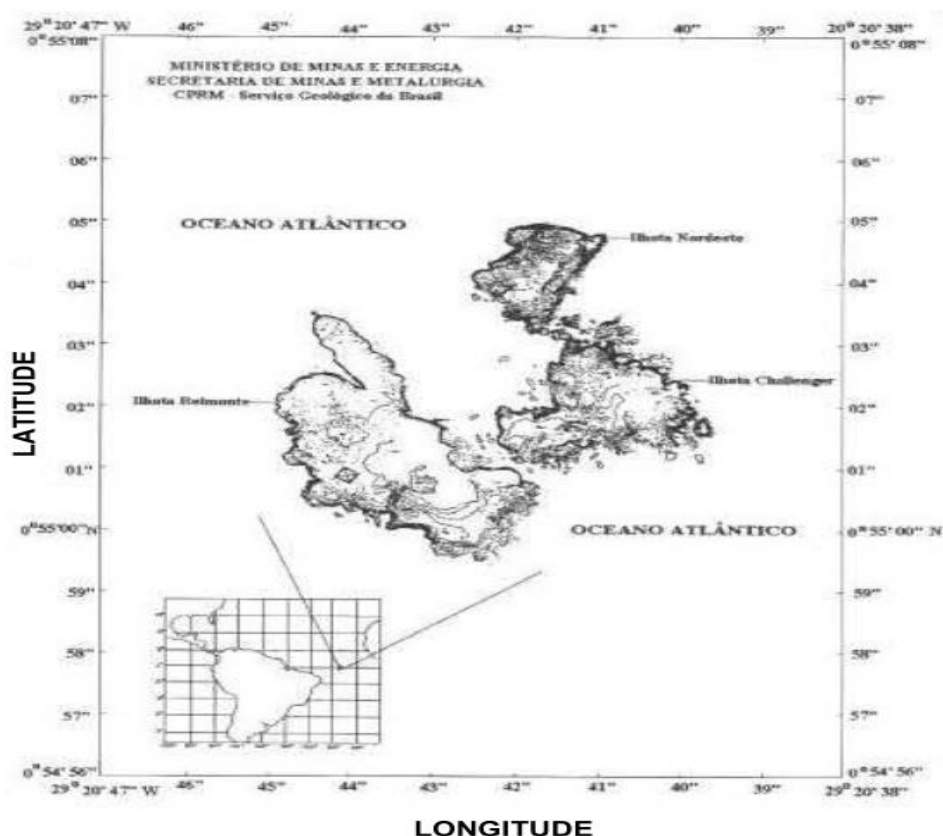


Figura 23 - Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo no Atlântico. Fonte: Ministério de Minas e Energia – CPRM.

3.1.2. Arquipélago de Trindade e Martin Vaz

A Ilha de Trindade (IT) (figura 24) (20°30'S-29°20'O) e o Arquipélago de Martin Vaz, formam os únicos componentes emergentes da cadeia submarina Vitória Trindade, localizando-se na porção leste do conjunto deste montanhas (PINHEIRO et al., 2015). A ilha está a uma distância de 1100 km da costa do Espírito Santo, 2500 km do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, e 4200 km da costa da África, possui 9,28 km², e um terreno extremamente acidentado, reflexo do tempo de duração de sua atividade vulcânica, com picos elevados chegando a 600m (DIAS, 2015; GASPARINI, 2004).

O clima na ilha é tropical oceânico, com alta umidade e temperaturas que variam entre 17°C e 30°C. Devido à alta pluviosidade, ocasionada pelo relevo montanhoso da região, que forma obstáculo para as nuvens carregadas, que por sua vez precipitam ao chocarem com a ilha, a IT é a única que conta com água potável dentre as ilhas brasileiras, o solo absorve e armazena a água da precipitação, e aflora em locais de relevo mais baixo, formando nascentes (ALVES, 1998).

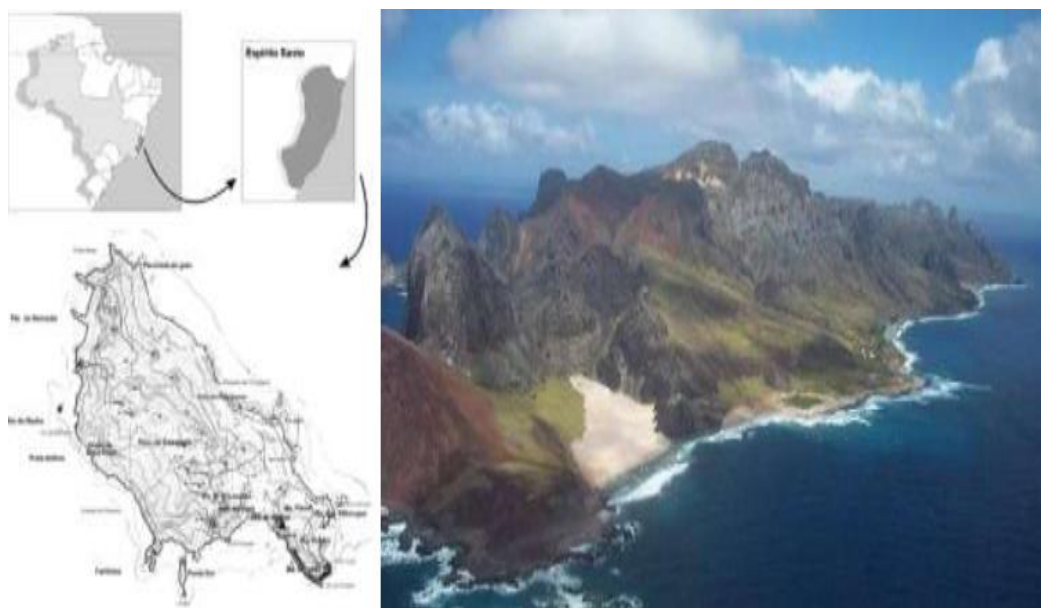


Figura 24 - Localização e vista panorâmica da Ilha de Trindade. Fonte: Dias, 2010

As águas que circundam a região são a Corrente do Brasil, caracterizada pela baixa concentração de nutrientes, alta salinidade (37) e temperatura (27) (GASPARINI, 2004). Os ventos predominantes na ilha são constantemente do leste, porém, durante os meses de abril e setembro, a ilha é influenciada por ventos e ondas fortes do sul e sudeste, gerados por frentes frias (ÂNGULO et al., 2018).

A IT e o Arquipélago de Martin Vaz são gerenciados pela Marinha do Brasil, e administrados pelo 1º Distrito Naval, que, desde 1957, mantém um Posto Oceanográfico (POIT), guarnecido pela instituição, viabilizando pesquisas científicas na região. Anteriormente ocupado apenas por forças militares, desde 2011, com a instalação da Estação Científica da Ilha de Trindade (ECIT), a pesquisa também é realizada em grupos de até 8 pesquisadores de outras instituições, que ocupam a ECIT em períodos que podem variar de dias a meses (DIAS, 2015).

3.1.3. Ilhas Rei George

Rei George ($62^{\circ}23'S$, $58^{\circ}27'W$) é a maior ilha pertencente ao Arquipélago das Shetland do Sul (figura 25), localizado ao norte da Península Antártica, entre a Passagem de Drake e o Mar de Bransfield. O arquipélago forma a parte sul do Arco de Scotia e é composto do final paleozóico ao quaternário sedimentar.

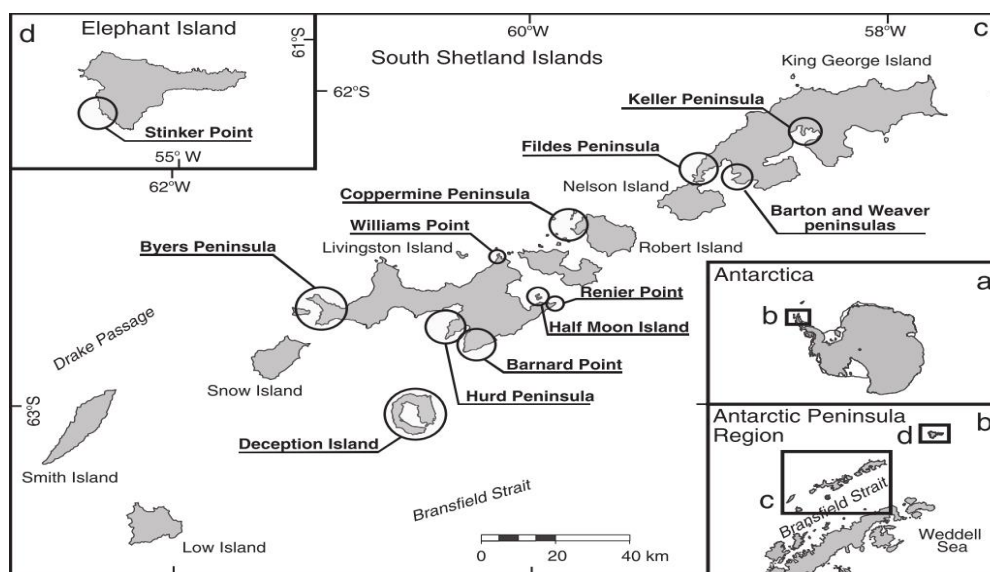


Figura 25 - Localização do Arquipélago de Shetland do Sul. Fonte: López-Martínez et al, 2012.

O clima da região é marítimo frio, com alta pluviosidade, ventos em velocidade relativamente baixa comparado a outras áreas da península antártica, e alta nebulosidade (BEYER, LOTHAR, BÖLTER, 2002). Mais de 92% da Ilha Rei George é coberto por gelo (BRAUN & SAURER, 2004), a presença de tal cobertura na região antártica (apenas cerca de 2% do território permanece livre de gelo durante o verão austral), leva a agregação de aves marinhas que nidificam em terra, com formação de colônias de milhares de indivíduo durante a época de reprodução (WOODS et al., 2000).

A ilha pode ser dividida em uma grande calota de gelo, com sistemas glaciais independentes, na parte norte apresenta topografia suave com baixa inclinação, e na porção sul ocorre a maior presença de enseadas semelhantes a fiordes (BRAUN & SAURER, 2004). Segundo RÜCKAMP et al., (2011), o aumento da temperatura do ar

na ilha Rei George resulta em um rápido processo de deglaciação da região, com perda de cerca de 20 km² de geleiras entre os anos de 2000 a 2008.

Rei George possui 9 estações científicas permanentes, sendo um importante centro logístico-científico na Antártida, com pesquisas que possuem registros de dados contínuos desde 1960 (dados meteorológicos da Estação Russa), assim como pela presença de sólida base infra-estrutural, por exemplo, a presença da pista de pouso Presidente Eduardo Frei Montalva, considerada um dos principais meios para abastecer tanto a cadeia de suprimentos para atividades locais, quanto demais bases de pesquisas pela região austral (BRAUN et al., 2001; CIPRO, 2011).

3.2. Processo Laboratorial

3.2.1. Amostragem

Para o estudo foram coletados, 31 ovos, pertencentes a 7 espécies diferentes de aves marinhas, no ano de 2013 (Tabela 2), Apenas os ovos abandonados ou adulterados foram coletados e armazenados em frascos de vidro a -20 ° C no Laboratório de Química Orgânica Marinha (LabQOM) do Instituto Oceanográfico da USP (IOUSP).

Tabela 2 - Amostras de ovos de aves marinhas coletados nas Ilhas oceânicas brasileira e Antártica em 2013.

Local de Coleta	Nome da Espécie	Número amostral
Arquipélago de São Pedro e São Paulo	<i>Sula leucogaster</i>	2
Arquipélago de Trindade e Martin Vaz	<i>Onychoprion fuscatus</i>	2
	<i>Pterodroma arminjoniana</i>	2
Ilha Rei George - Antártica	<i>Pygoscelis papua</i>	14
	<i>Pygoscelis antarcticus</i>	6
	<i>Larus dominicanus</i>	3
	<i>Catharacta sp.</i>	2

3.2.2. Determinação de poluentes orgânicos persistentes (POPs)

O procedimento metodológico adaptado de (MACLEOD et al., 1986) e utilizado

no Laboratório de Química Orgânica Marinha (IO-USP) foi otimizado para a determinação de poluentes orgânicos persistentes em ovos de aves.

3.2.3. Cuidados analíticos

Toda a vidraria utilizada foi previamente lavada com detergente e enxaguada em água corrente. Depois de seca foi coberta com alumínio e levada a mufla durante por 4 horas a 450°C. Vidrarias volumétricas que não poderiam ser calcinadas, assim como as colunas de purificação, após serem enxaguadas em água corrente foram lavadas com *n*-hexano/diclorometano (1:1, v/v) e *n*-hexano.

A água utilizada na desativação da sílica e da alumina foi purificada através de extração com *n*-hexano, repetida por cinco vezes. O sulfato de sódio anidro, a sílica gel e a alumina foram calcinados por 4 horas a 450 °C e mantidos em um dessecador até o uso.

As soluções de organoclorados utilizadas foram adquiridas do laboratório internacional *AccuStandard* (USA). A partir desses padrões certificados, três tipos de soluções foram preparados: as misturas com os padrões externos, sendo uma para PCBs e uma para pesticidas, os *surrogates* e o padrão interno.

3.2.4. Solução Padrão

A mistura de PCBs continha 51 congêneres, com compostos contendo de 2 a 10 átomos de cloro (numeração IUPAC: 8, 18, 28, 31, 33, 44, 49, 52, 56, 60, 66, 70, 74, 77, 81, 87, 95, 97, 99, 101, 105, 110, 114, 118, 123, 126, 128, 132, 138, 141, 149, 151, 153, 156, 157, 158, 167, 169, 170, 174, 177, 180, 183, 187, 189, 194, 195, 199, 203, 206 e 209). A mistura de pesticidas continha os DDTs e seus metabólitos (*o,p'*-DDD, *p,p'*-DDD, *o,p'*-DDE, *p,p'*-DDE, *o,p'*-DDT, *p,p'*-DDT), HCHs (α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH), clordanas (γ -clordana, α -clordana), drins (aldrin, dieldrin, isodrin e endrin), heptacloro, heptacloro epóxido A e B, endosulfan I e II, metoxicloro, HCB e mirex. Ambas as misturas dos organoclorados possuíam concentração de 1,0 ng μl^{-1} .

A solução dos *surrogates* utilizada para os organoclorados continha o PCB 103 e o PCB 198 e a solução de padrão interno continha o composto TCMX (2,3,5,6-tetracloro-m-xileno), todos em concentração de 1,0 ng μl^{-1} .

3.2.5. Condições Cromatográficas

As curvas analíticas foram construídas para PBDEs, PCBs e pesticidas através de uma regressão linear contendo doze pontos (0,01 - 0,05 - 0,1 - 0,25 - 0,5 - 0,75 - 1,0 - 2,5 - 5,0 - 10 - 50 - 100 pg mL^{-1}). Para que a curva fosse considerada adequada, o coeficiente de correlação linear (r^2) deveria ser igual ou maior que 0,995, dado que quanto mais próximo de 1,0, menor é a incerteza dos coeficientes de regressão estimados e menor é a dispersão do conjunto de pontos experimentais (RIBANI et al., 2004).

A identificação dos analitos se deu através de seus respectivos tempos de retenção no cromatógrafo e suas quantificações com a área de cada pico obtido. Na etapa de quantificação ocorreu a padronização interna, ou seja, os teores de cada analito foram corrigidos linearmente pela relação entre o teor obtido para o padrão interno (que é adicionado diretamente à amostra, na primeira etapa da metodologia) e o teor adicionado. Já a recuperação do padrão interno é calculada com o teor obtido para o padrão interno cromatográfico, que é adicionado logo antes da injeção e não sofre nenhuma interferência dos processos metodológicos.

As curvas foram verificadas recalculando-se seus próprios pontos. A curva estava boa para o uso se apresentasse um fator de resposta com menos de 25% de variação.

3.2.6. Preparação das amostras para análise de organoclorados em ovos.

Para análise de organoclorados foram utilizados a gema e a clara das amostras, as quais foram homogeneizadas por 2 minutos com o auxílio de um ultra-turrax, para melhor homogeneização destas. O passo a passo de cada etapa será descrito a seguir.

3.2.7. Extração

Aproximadamente 5g de cada amostra foi macerada com cerca de 15 g de sulfato de sódio anidro. Em cada adicionou-se 100 μl de cada um dos *surrogates* (PCB 103 e

PCB 198). As amostras foram extraídas em Soxhlet (figura 25) por 8 h com 80 ml de *n*-hexano e diclorometano (1:1, v/v). O extrato foi concentrado a 1,0 ml em um rotaevaporador (figura 26), de onde retirou-se 0,1 ml para determinação de lipídios.

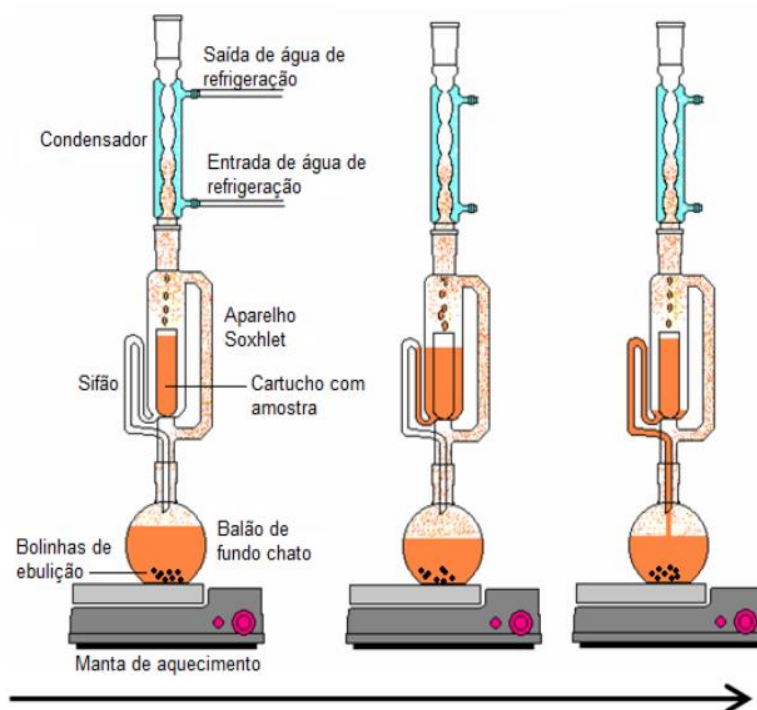


Figura 25 - Estrutura e funcionamento Soxhlet.

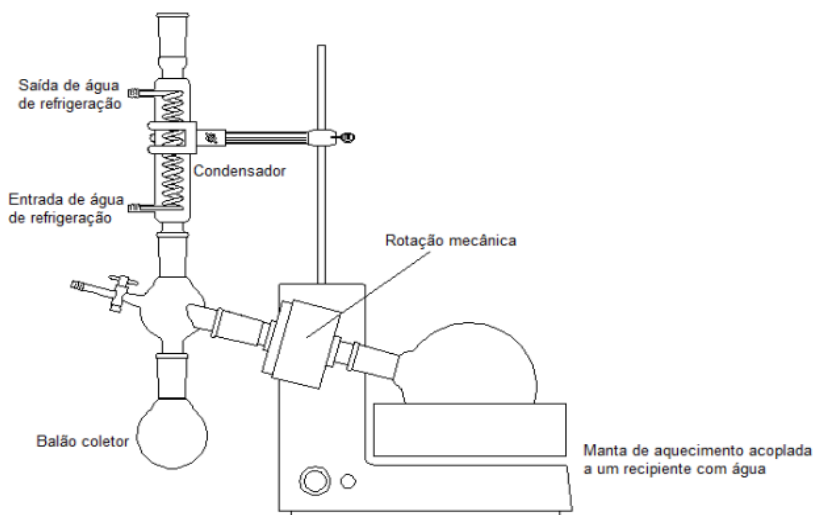


Figura 26 - Estrutura e funcionamento rotaevaporador.

3.2.8. Purificação dos extratos

As amostras foram submetidas a cromatografia de adsorção em uma coluna contendo 16g de alumina sobre 8g de sílica, ambas 5% desativadas com H₂O. No topo da coluna (sobre a alumina) adicionou-se aproximadamente 1,5 cm de sulfato de sódio. As amostras foram eluídas com 100 ml de diclorometano. A cromatografia de adsorção elimina alguns lipídios, pigmentos e partículas da amostra. Porém, no caso de amostras biológicas, esse processo não é suficiente para retirada total dos lipídios, sendo necessária uma nova etapa de purificação. Desta forma, depois da coluna de sílica/alumina as amostras foram concentradas a 0,5 ml e submetidas a cromatografia a líquido de alta eficiência (HPLC), utilizando-se diclorometano como eluente a um fluxo de 5 ml/min. Foram utilizadas duas colunas de exclusão por tamanho para cromatografia de permeação em gel: a pré-coluna foi a Phenogel 100 A, com 7,8 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento, e a coluna foi a Phenogel 100 A, com 22,5 x 250 mm da Phenomenex.

Durante a corrida em HPLC, foram coletadas duas frações de cada uma das amostras. A primeira fração, contendo os lipídios, foi coletada a partir do início da corrida até aproximadamente 29,5 minutos, e posteriormente foi descartada. A segunda fração (de 29,5 a 43 minutos), que continha os compostos de interesse para a análise, foi concentrada e recuperada em *n*-hexano. Em seguida, os eluatos foram novamente concentrados em rotaevaporador, dessa vez havendo a troca de solventes para isoctano, obtendo-se o volume final de 90 µL. Por fim, adicionou-se 10 µL do padrão interno cromatográfico TCMX (100 pg µL⁻¹) em cada amostra e branco, completando o volume final de injeção para 100 µL.

3.2.9. Estimativa da quantidade de lipídios extraíveis

A quantidade de lipídios extraíveis foi obtida por análise gravimétrica. Uma alíquota de 0,1 ml (10%) do extrato concentrado foi separada e colocada em pequenos frascos de vidro, previamente pesados. Após a total evaporação, cada frasco foi novamente pesado e a diferença entre a pesagem inicial e a pesagem após a adição e evaporação da alíquota foi utilizada no cálculo da percentagem de lipídios. A equação

utilizada foi:

$$\% \text{lipídeos} = \frac{\text{resíduo (mg)}}{\text{massa extraída (mg)}}$$

Uma alíquota do extrato final foi então injetada em um cromatógrafo em fase gasosa 7010B da Agilent Technologies acoplado a um sistema de espectroscopia de massas com triplo quadrupolo (GC/MS/MS). O equipamento operou em modo de monitoramento dinâmico de reações múltiplas (dMRM). Neste sistema, as análises são feitas em modo *tandem* (MS/MS) onde as moléculas de interesse são fragmentadas duas vezes. A primeira fragmentação ocorre a 70eV, onde o sistema é capaz de isolar um fragmento selecionado e refragmentá-lo (CRISTALE et al., 2008). Este tipo de análise proporciona maior sensibilidade e seletividade do sistema.

Utilizou-se uma coluna cromatográfica ultra inerte da *Agilent J&W* com 30 metros de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura de filme de 5% fenilmetilsiloxana. A rampa de temperaturas utilizada para separação dos pesticidas, PCBs e PBDEs tem início a 50°C durante 1 minuto, aumenta a uma taxa de 20°C/min até 200°C e a 10°C/min até 300°C, permanecendo constante durante 5 minutos (fig. 10). O gás de arraste utilizado foi o hélio, com fluxo constante de 1.2 mL min⁻¹, com temperaturas de injetor, interface e fonte a 300°C e de quadrupolos (Q1 e Q2) a 150°C. O volume injetado foi de 1 µL no modo de injeção pulsado sem divisão de fluxo (“*pulsed splitless*”).

3.2.10. Limite de Quantificação do Método

Para a determinação do LQ utilizou-se o método baseado nos parâmetros da curva analítica, que é estatisticamente mais confiável (RIBANI et al., 2004), e adotou-se como LQM a concentração mais baixa da curva analítica (INMETRO, 2016), que neste estudo foi definido como 0,0025 ng g⁻¹ para PCBs, e 0,005 ng g⁻¹ para pesticidas e PBDEs.

3.2.11. Controle de Qualidade

Para verificar a precisão e exatidão das análises foi realizado um controle de qualidade contendo um branco, um branco fortificado, uma matriz e sua duplicata, uma

matriz fortificada e a análise de um material de referência certificado, seguindo os critérios de WADE & CANTILLO, (1994). O branco foi usado para determinar se as amostras foram contaminadas durante todo o processo analítico, sendo que os valores encontrados no branco foram descontados de todo o restante das amostras. A duplicata foi utilizada para avaliar a homogeneidade da amostra e a precisão analítica do método, sendo que a diferença entre a amostra original e a duplicata não deveria ultrapassar 25 %. A matriz fortificada foi utilizada para verificar a eficiência do método com influência da matriz a ser analisada.

O uso de material de referência certificado, SRM (*Standard Reference Material*[®]) ou CRM (*Certified Reference Material*), é uma das etapas mais importantes para validação de uma metodologia. O material de referência é uma amostra bem caracterizada com relação aos analitos de interesse. O certificado de análise que acompanha a amostra, consta dos valores certificados e de suas incertezas (SCHANTZ et al., 1993).

A matriz utilizada para o controle de qualidade foi uma amostra de ovo (5 g) de de um espécime de pinguim (*Pygoscelis papua*) O material de referência certificado utilizado no presente trabalho foi o SRM 1945 (Standard Reference Material 1945 – Organics in Whale Blubber), que é composto de um homogeneizado de tecido adiposo subcutâneo (“blubber”) de uma baleia piloto (fêmea adulta) proveniente de encalhe em Cape Cod, Massachussets (EUA) em setembro de 1991. O SRM 1945 foi obtido do NIST (National Institute of Standards and Technology) dos Estados Unidos. A quantidade de SRM utilizado nesta análise foi de 0,25 g.

Os *surrogates* foram adicionados a todas as amostras. Na matriz fortificada e no branco fortificado também foram adicionados 100 µl de cada uma das misturas contendo os compostos a serem analisados (PCBs e pesticidas) a uma concentração de 1 ng µl⁻¹. Os *surrogates* foram utilizados para corrigir as variações, sendo que este devia ter recuperação entre 50 e 120 %, caso contrário a análise seria repetida.

O cálculo da recuperação dos *surrogates* foi realizado utilizando a relação de área entre os *surrogates* e o padrão interno. A recuperação do *surrogate* nos brancos, amostras e material de referência certificados deste estudo variou entre 98,3 a 110,7. A recuperação do *surrogate* nos brancos, amostras e material de referência certificados

deste estudo variou entre 98,3 a 110,7.

Tabela 3 - Percentual de recuperação do surrogate (%) nos brancos, amostras e material de referência certificado que constituem o controle de qualidade do método.

Matriz	Recuperação (%)
Branco	98,3
Branco Fortificado	98,1
Ovo Replicata A	103,5
Ovo Replicata B	103,2
Material de Referência	110,7

3.3. Determinação de Isótopos estáveis

A fim de se obter informações sobre a estrutura trófica das aves do presente estudo, foram determinados os isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) nas amostras. Os ovos já haviam passado por um processo de homogeneização, na qual o substrato remanescente ao utilizado para obtenção dos POPs (gema e clara - 5g) havia sido estocado em freezers a -20°C no LABQOM do IOUSP.

Foram separadas cerca de 2g de cada amostra, e estas foram então secas em um liofilizador Thermo Savant Modulyod durante 120 horas para obtenção de um material sólido. Em seguida, o ovo foi macerado e homogeneizado com o auxílio de um almofariz e um pistilo, e então embalados individualmente em envelopes de papel filtro (47 mm, 84 g m^{-2}) e submetidos a extração por ultrassom (Branson 2210, Branson Ultrasonics Corporation) durante uma hora, utilizando-se 400 ml clororofórmio e metanol (2:1, v/v) para cada grupo de 15 amostras. Este procedimento foi repetido por duas vezes. Após a extração, os envelopes contendo as amostras foram lavados com água destilada. Logo após foram secos em estufa por 24h a aproximadamente 40°C .

Para análise dos isótopos estáveis de C e N, cerca de 0,6 mg de cada amostra foram transferidos para cápsulas de estanho, utilizando uma micro-balança analítica de precisão (0,001 mg), e foram realizadas em um analisador elementar elementar ECS4010 (CHNS-O) acoplado a um espectrômetro de massas de razão isotópica (EA-

IRMS) Thermo Scientific Delta V Advantage.

A razão isotópica foi expressa como valor de δ (delta) *per mil* (‰), de acordo com a seguinte equação:

$$\delta X = [R_{\text{amostra}}/R_{\text{padrão}} - 1] \times 1000$$

onde X (‰) é ^{13}C ou ^{15}N e R representa a razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ da amostra (R_{amostra}) e do padrão ($R_{\text{padrão}}$). Padrões internos (USGS-40/VPBD para carbono e IAEA-600/N2 para nitrogênio) foram injetados no espectrômetro de massas, a cada 40 amostras analisadas, para a calibração do sistema e para compensação do equipamento.

Para calibração da escala delta no IRMS, são utilizados, para razão isotópica do carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) e do nitrogênio ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$), respectivamente, o padrão internacional VPBD (Vienna Pee Dee Belemnite), que consiste num carbonato de cálcio marinho, e nitrogênio atmosférico (N_2) (BUGLIA et al., 2014; CARTER & BARWICK, 2011).

Os materiais de referência secundários são compostos naturais ou sintéticos com valores isotópicos conhecidos e foram calibrados em relação aos materiais primários (DA SILVA, 2019). Estes apresentam desvios nos valores de delta (δ), e são adotados internacionalmente e distribuídos pela International Atomic Energy Agency (IAEA), os padrões USGS-40 (NIST RM-8573), que corresponde ao ácido L-glutâmico, e IAEA-600 à cafeína, foram utilizados para análises de carbono e de nitrogênio.

3.4. Análise estatística

Os testes estatísticos foram realizados utilizando os softwares Past 3.21, e Microsoft Excel[®], com nível de significância de 5%. Tanto a normalidade (teste de Shapiro-Wilk), quanto homocedasticidade (teste de Levene) foram analisadas previamente a realização de testes estatísticos, e, aos que não atenderam a premissa, foram utilizados testes não paramétricos, Kruskal- Wallis com teste de Dunn a posteriori, para realizar as comparações entre as concentrações de POPs e isótopos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ilha Rei George

4.1.1. Isótopos Estáveis

A tabela 4 apresenta os valores de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio em aves marinhas coletadas na Ilha Rei George:

Tabela 4 - Valores médios de isótopos estáveis de carbono e de nitrogênio em amostras de ovos de quatro espécies de aves marinhas coletadas na Ilha do Rei George.

Espécie	n	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) med \pm desv.pad. (amplitude)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰) med \pm desv.pad. (amplitude)
<i>P. papua</i>	13	$-25,31 \pm 0,43$ (-25,9 a -24,27)	$10,5 \pm 1,7$ (9,27 a 15,97)
<i>P. antarcticus</i>	6	$-25,08 \pm 0,42$ (-25,59 a 24,53)	$10,02 \pm 0,16$ (9,83 a 10,29)
<i>L. dominicanus</i>	3	$-22,22 \pm 0,37$ (-22,64 a 21,92)	$8,99 \pm 0,11$ (8,89 a 9,11)
<i>Catharacta sp</i>	2	$-23,4 \pm 0,52$ (-23,77 a -23,03)	$10,63 \pm 0,12$ (10, 54 a 10,71)

A figura 26 representa os valores médios e os desvios padrões para cada espécie:

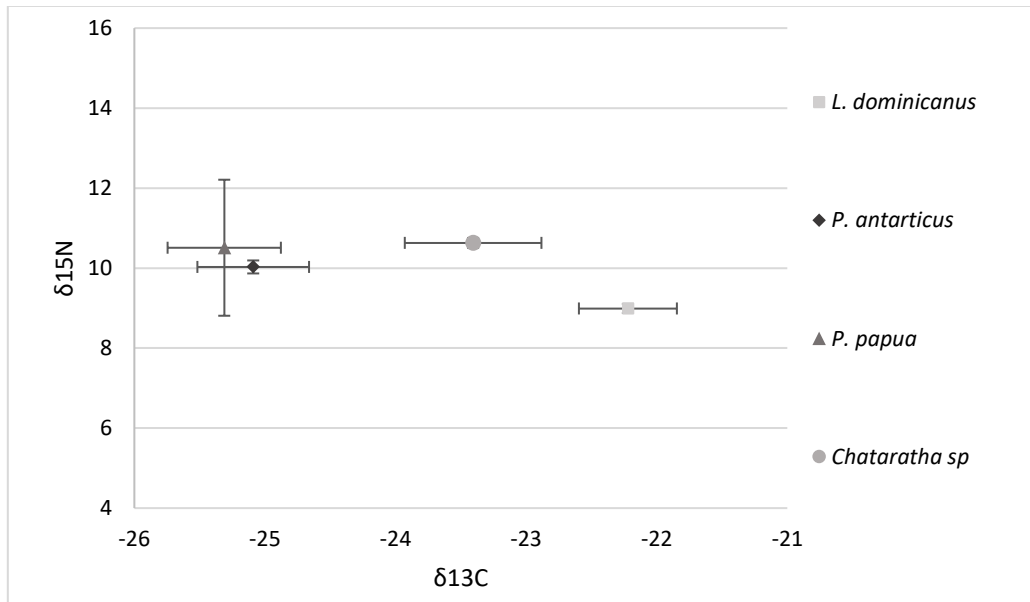


Figura 26 - Valores medianos das razões isotópicas de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) obtidas através da análise de ovos de aves marinhas na ilha do Rei George (‰). As barras indicam os desvios- padrão obtidos.

É importante citar, que a análise dos ovos reflete a dieta de poucos dias antes da postura (POLITO et al., 2009). As amostras apresentaram uma variação significativa entre as taxas de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ (KW, H= 35,27, P<0,01).

A espécie que mais se diferencia das demais é o *L. dominicanus*, devido a dieta e também a migração, já que ocorre um gradiente latitudinal negativo para o $\delta^{13}\text{C}$ em direção ao equador, o que também explicaria as menores concentrações nas *Catharacta sp* analisadas (CHEREL & HOBSON, 2007). Quanto maior a temperatura, menor o fracionamento, o que leva a aves restritas a ambientes polares apresentarem $\delta^{13}\text{C}$ menores em relação a espécies com hábitos migratórios (CIPRO, 2011).

4.1.2. Poluentes Orgânicos Persistentes

Os resultados obtidos para os principais contaminantes orgânicos persistentes em 25 ovos 4 espécies diferentes (*P. papua*, *P. antarticus*, *L. dominicanus*, e *Chataracta sp*) de encontrados estão dispostos na tabela 5, abaixo.

Tabela 5 - Concentrações médias e amplitude obtidas em ng/g, em aves marinhas antárticas (continua).

Espécies n	<i>P. papua</i> 14	<i>P. antarticus</i> 6	<i>L. dominicanus</i> 3	<i>Chataracta sp</i> 2
PCBs	10,66 4,94 - 15,04	8,37 5,38 - 9,30	28,3 20,12 - 33,55	701,73 175 - 1228
DDTs	17,38 7,90 - 26,24	15,22 11,44 - 23,55	12,68 8,61 - 15,61	143,32 113 - 173
PBDEs	0,08 <LQM - 0,24	0,05 <LQM - 0,20	0,54 <LQM - 1,62	6,72 2,12 - 11,32
HCB	13,43 6,76 - 21,04	10,52 7,22 - 17,67	13,1 11,29 - 14,52	8,74 8,52 - 8,97
Mirex	3,42 1,90 - 5,32	2,68 2,02 - 4,27	5,13 2,96 - 6,48	86,87 53,36 - 120
HCH	0,17 0,08 - 0,31	0,13 0,10 - 0,14	0,18 0,14 - 0,20	0,58 0,16 - 0,92
Aldrin	0,03 <LQM - 0,19	0,01 <LQM - 0,01	0 <LQM - 0,01	0,02 <LQM - 0,03
Isodrin	0,45 0,21 - 0,60	0,4 0,26 - 0,58	0,64 0,41 - 0,87	2,63 1,85 - 3,40
Dieldrin	1,39	1,38	0,57	9,17

	0,72 - 2,12	0,76 - 2,62	0,43 - 0,67	4,23 - 14,11
Endrin	0,47	0,38	0,04	0,6
	0,19 - 0,82	0,17 - 0,78	0,02 - 0,07	0,19 - 1,01

Obs.: <LQM indica que os valores encontrados estiveram abaixo do Limite de Quantificação do Método

A figura 27 representa a concentração média de POPs para cada espécie:

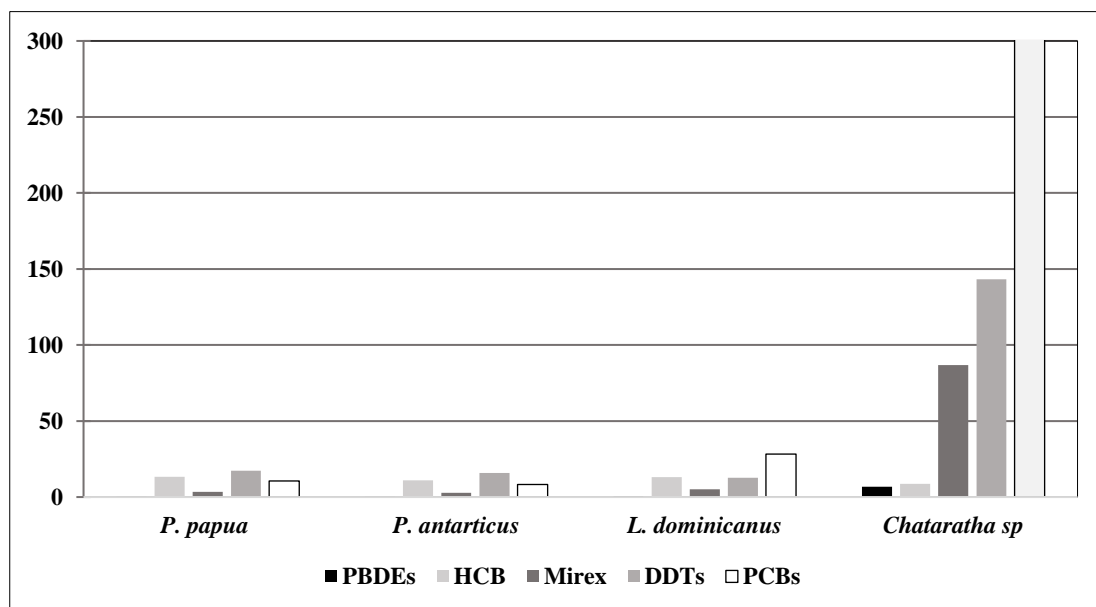


Figura 27 - Concentrações médias de POPs nos ovos de aves da Ilha Rei George.

Entre as amostras analisadas não houve diferença significativa entre as concentrações de poluentes para as aves *L. dominicanus* e *Pygoselis*, para *Catharacta* não foi possível realizar teste estatístico pelo n amostral coletado (KW, H=2,848, p=0,4157). Os compostos predominantes para cada ave, dispostos na tabela 4, foram, para *P. papua*, PCBs (4,94 - 15,04 ng g⁻¹), DDTs (7,90 - 26,24 ng g⁻¹), HCBs (6,76 - 21,04 ng g⁻¹), para *P. antarcticus*, PCBs (5,38 - 9,30 ng g⁻¹), HCBs (7,22 - 17,67 ng g⁻¹), DDTs (11,44 - 23,55 ng g⁻¹), para *L. dominicanus*, PCBs (20,12 - 33,55 ng g⁻¹), HCBs (11,29 - 14,52 ng g⁻¹), DDTs (8,61 - 15,61 ng g⁻¹), e, para o gênero *Chataractha*, PCBs (175 - 1228 ng g⁻¹), DDTs (113 - 173 ng g⁻¹), Mirex (53,36 - 120 ng g⁻¹).

COLABUONO et al. (2014) encontraram valores semelhantes nas distribuições de contaminantes em três, das quatro espécies analisadas neste trabalho, *P. antarcticus*, *Catharacta* e *L. dominicanus*, para ovos coletadas nos anos de 2011 e 2012, porém, concentrações médias superiores de PCBs em relação às encontradas neste para o

gaivotão (74,2 ng g⁻¹). E, CIPRO et al. (2010), encontraram distribuições semelhantes dos poluentes para o gênero *Pygoscelys*.

Bifenilos Policlorados (PCBs)

Em relação ao perfil de PCBs na ilha do Rei George, os congêneres predominantes em todas os indivíduos foram os hexaclorados, com pequenas diferenças entre a distribuição dos demais congêneres entre as espécies (Figura 28). No gênero *Pygoscelis*, para o *P. papua*, os congêneres hexaclorados (59%) foram seguidos por penta- e heptaclorados (12% e 10%), e para o *P. antarcticus*, os congêneres subsequentes aos hexa foram os mesmos, porém, com inversão em sua ordem, sendo primeiramente os hepta (11%) e após os pentaclorados (9%).

Para o *L. dominicanus* e *Catharacta sp* foram similares, com predominância de hexaclorados e heptataclorados (51% e 27% *L. dominicanus*; 59% e 34% *Catharacta sp*), como observado por COLABUONO et al. (2014), em predadores de vida longa. Tais teores são geralmente esperados, pois essas aves alimentam de presas em altas posições tróficas, e, devido à transformação e eliminação mais fáceis de congêneres de PCB de baixo peso molecular, o que resulta no acúmulo de compostos com maior número de cloro (CORSOLINI et al., 2011).

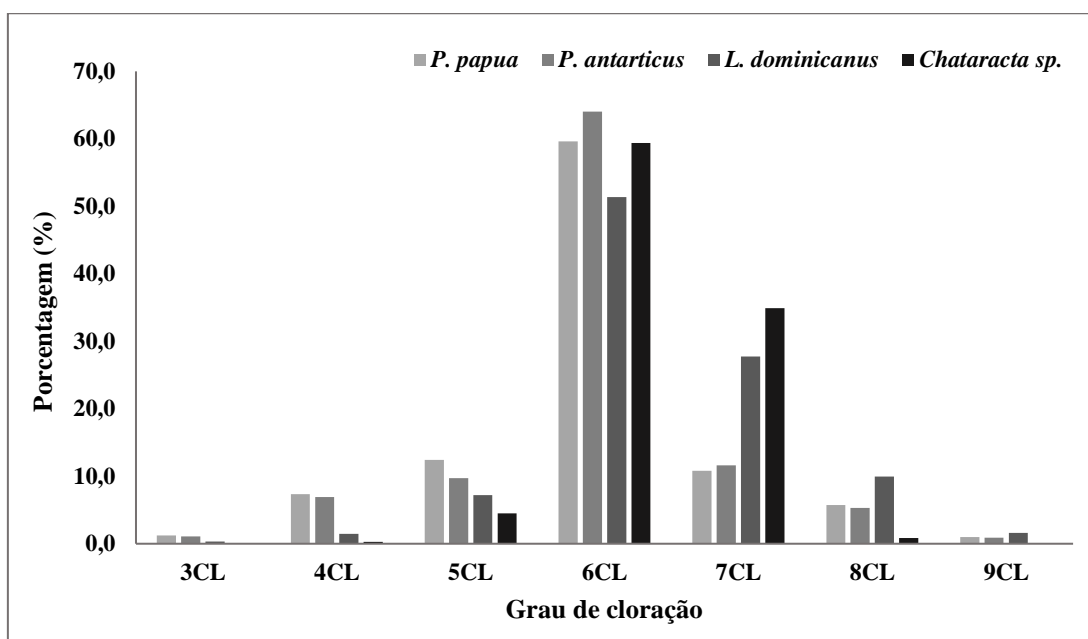


Figura 28 - Distribuição (%) dos congêneres de PCBs encontrados nos ovos das aves da Ilha do Rei George, de acordo com o grau de cloração.

Na ilha do Rei George, a principal entrada de contaminantes ocorre pela atmosfera, concentrações de congêneres de PCB individuais no ar da Ilha Rei George variaram de não detectadas a $33,2 \text{ pg m}^{-3}$, entretanto, a presença de PCBs na coluna d'água do mar foi observada no Ross com valores de 400 pg l^{-1} sugerindo que a introdução de contaminantes advindos do ambiente marinho não deve ser descartada, apesar da remoção de poluentes da coluna d'água pela sedimentação (FUOCO et al., 2009).

A contaminação ainda presente em diversos ambientes, associada a espécies que se alimentam em outras regiões, por sua vez mais próximas a antigas zonas de produção de contaminantes, e integram a teia trófica antártica, corrobora a presença de PCBs em regiões polares.

Os principais congêneres para as aves analisadas foram os PCBs 153, 132, 128 e 167, e 180, sendo os octoclorados predominantes para as espécies migrantes. A presença de congêneres leves é maior nas espécies do gênero *Pygoscelys*. Os baixos níveis de compostos clorados de *E. superba*, principal constituinte da dieta das espécies (70% a 100%) (CROXALL & LISHMAN, 1987) são diretamente relacionados à maior presença

de PCBs com baixo teor de cloro em *krill* (CIPRO et al., 2010; COLABUONO et al., 2014; CORSOLINI et al., 2002).

A presença de PCBs com maior teor de cloro foi observada em ovos de *Catharacta sp.* e *L. dominicanus*, respectivamente. Tais aves se alimentam em altas posições tróficas, e, devido a processos de biomagnificação já descritos, associados à transformação e eliminação mais fáceis de congêneres de PCB de baixo peso molecular, o resultado é um acúmulo de compostos com maior número de átomos de cloro (MAERVOET et al., 2004).

Segundo FAVERO et al. (1997), o molusco *Nacella concina* é parte representativa da dieta do gaivotão (*L. dominicanus*), principalmente durante a formação do ovo. CIPRO et al. (2013) observaram uma distribuição de congêneres mais leves nesse molusco, porém valores até três vezes mais altos quando comparados a *E. superba*, principal constituinte da dieta do gênero *Pygoscelis*, o que, associado a hábitos oportunistas e migrações transequatoriais, denotam maiores taxas de PCBs quando comparadas ao gênero *Pygoscelys*, porém, com médias menores quando comparadas às skuas analisadas, que por sua vez, se alimentam principalmente de carniça, ovos e filhotes de pinguins, e procellariiformes, bioacumulando e biomagnificando mais do que as demais espécies analisadas (PHILLIPS et al., 2004; PIETZ, 1987).

Pesticidas organoclorados (POCs)

Dentre os pesticidas encontrados na Ilha Rei George, os DDTs foram os predominantes nas quatro espécies, seguidos por HCB em *P. Papua*, *P. Antarticus*, e *L. dominicanus*, e Mirex em *Catharacta sp* (Tab. 4).

Dentre os DDTs se observou uma semelhança no padrão de distribuição dos congêneres, com a prevalência do metabólito *p,p'*-DDE, produto da biotransformação oxidativa do DDT, comumente encontrado em aves no topo de cadeia alimentares (JONES & DE VOOGT, 1999; YAMASHITA et al., 2018a).

O perfil de distribuição na Ilha Rei George foi semelhante ao encontrado por Cipro 2011. O metabólito *p,p'*-DDE foi predominante entre as amostras (Figura 29), representando mais de 90% das concentrações de DDTs para todas as aves analisadas. As

concentrações totais do metabólito *p,p'*-DDE para o gênero *Pygoscelis* (*p,p'*,DDE=15,83 ng g⁻¹; *p,p'*,DDE=14,31 ng g⁻¹, para *P. papua* e *P. antarcticus*, respectivamente) foram da mesma ordem de grandeza que as obtidas para o *L. dominicanus* (*p,p'*,DDE= 12,43 ng g⁻¹), e ambas foram em uma ordem menor quando comparadas às skuas (*p,p'*,DDE=137,40 ng g⁻¹).

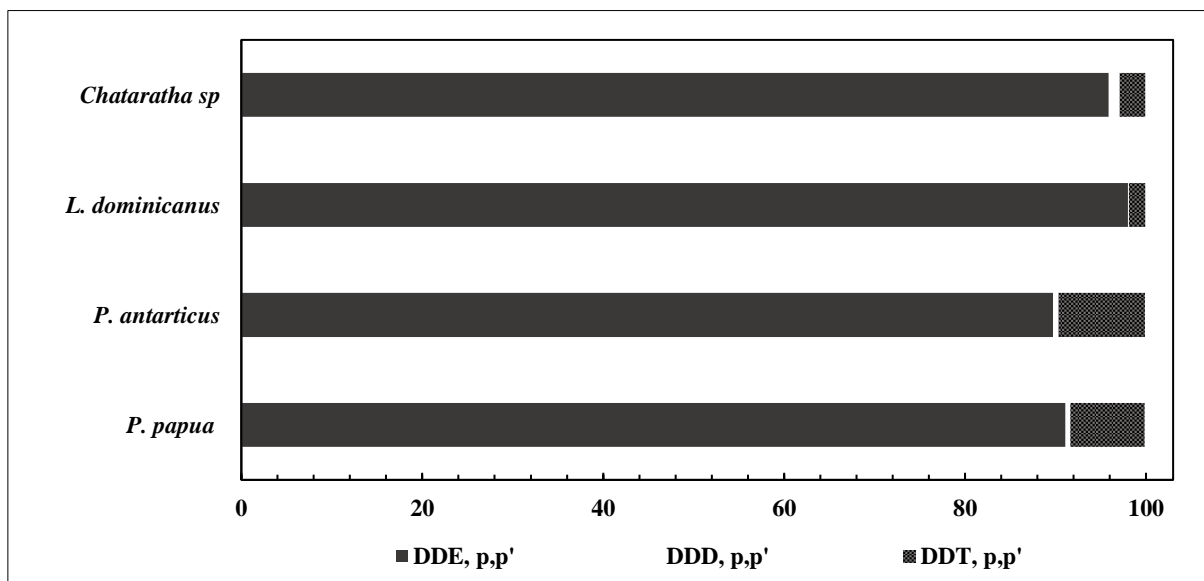


Figura 29 - Distribuição percentual dos DDTs e metabólitos nos ovos de aves da Ilha do Rei George.

A razão *p,p'*-DDE/ Σ DDTs, foi superior a 0,6 para todas as aves analisadas, segundo Aguilar (1984), valores abaixo deste referencial são relacionados a "possível entrada recente" de DDTs no ambiente, assim como ao metabolismo de aves marinhas, visto que o DDT é convertido em DDE por metabolização na cadeia alimentar, assim reforçando o caráter bioacumulativo e persistente desse pesticida nas aves analisadas, devido à presença de DDEs em todas as espécies. Apesar da proibição, tal contaminante teve sua utilização relatada, até meados dos anos 80, em diversos países do hemisfério sul como Brasil, Argentina, e Uruguai (PNUMA, 2002), mais especificamente no Brasil, o mesmo era utilizado para controle de malária e leishmaniose em regiões endêmicas da Amazônia até o ano de 2008 (AZEREDO et al., 2008).

Dos demais pesticidas encontrados nos ovos estão o HCB para o *P. papua*, *P. antarcticus*, e *L. dominicanus* (13,43 ng g⁻¹; 10,52ng g⁻¹; 13,10 ng g⁻¹, respectivamente), e o Mirex para a *Catharacta sp* (86,87 ng g⁻¹) (Figura 30).

A presença de HCB e Mirex tecidos de aves antárticas já foi estudado em outros trabalhos (INOMATA et al., 1996; TANIGUCHI et al., 2009).

HCB foi encontrado em concentrações semelhantes em outros trabalhos (CIPRO et al., 2013; COLABUONO et al., 2014), porém, maiores quando comparadas a estudos mais antigos (SCHIAVONE et al., 2009; ZHANG et al., 2007), o que poderia denotar um aumento deste contaminante em regiões subantárticas até o ano da realização deste estudo. Apesar do declínio notado por VAN DEN BRINK et al. (2011) em aves pelágicas, a presença do contaminante em animais bentônicos, notada pelo mesmo autor, pode ser responsável por flutuações nas concentrações.

O mirex esteve presente em todas as aves analisadas, porém em concentrações de uma ordem de grandeza superior na *Chataracta sp* quando comparada às outras espécies do estudo (Tabela 4). Esse composto tem sido presente em grandes concentrações em aves migratórias, principalmente skuas (HAMMER et al., 2016; LEAT et al., 2011), e, em menores concentrações, porém constantes, em aves endêmicas (como pinguins) do ambiente antártico (BALLSCHMITER et al., 1981; CORSOLINI, 2009).

A presença de mirex pode ser associada tanto a hábitos migratórios, quanto a uma baixa taxa de eliminação pelas aves, dada à alta persistência deste composto, associada à utilização do pesticida em ambos os hemisférios até 1978, e até meados de 2000 na América do Sul, Austrália, e China, em quantidades que não são conhecidas (RITTER ET AL., 2011; SMITH, 2001).

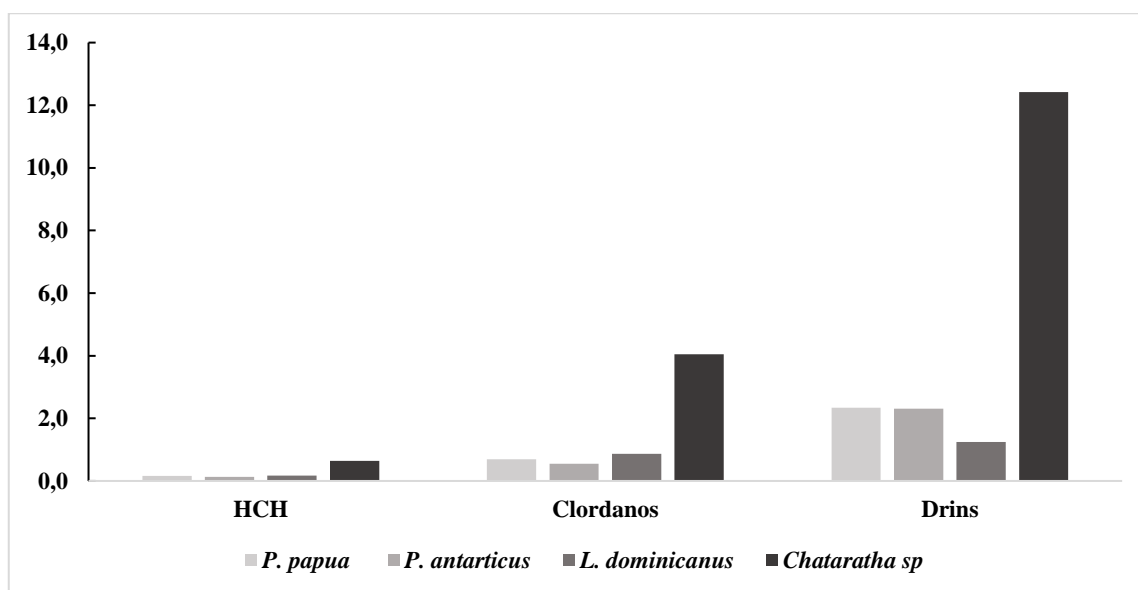


Figura 30 - Concentrações médias (ng g⁻¹) de hexaclorociclohexanos (HCHs), clordanos, e drins em ovos de aves marinhas na Ilha Rei George.

Os hexaclorosciclohexanos (HCHs) foram encontrados em concentrações semelhantes para todas as aves do trabalho, e em concentrações levemente menores quando comparados a outros estudos (CIPRO et al., 2013; COLABUONO et al., 2014).

A ausência de concentrações relativamente altas desse grupo de compostos, associada a uma presença maior do β -HCH (isômero mais persistente que os demais), cujas concentrações, maiores que os demais isômeros, sugerem contaminação mais antiga (Braune et al. 2005). Tais concentrações podem ser resultantes de uma maior excreção e metabolização do composto pelas aves, especialmente do lindano, mais persistente dos HCHs (BLUS et al., 1984), fator mais aceitável visto a regulamentação em alguns países do hemisfério sul nas últimas décadas (2009 banido na África do Sul, e 2007 restrito no Brasil (YAMASHITA et al., 2018).

Éteres difenílicos polibromados (PBDEs)

Em relação aos PBDEs, houve a presença dos congêneres tri- a heptabromados em todas as aves na ilha do Rei George (Figura 31), e, de maneira geral, as concentrações

foram menores quando comparadas aos PCBs e DDTs, assim como quando comparadas a outros trabalhos (CIPRO et al., 2013; YOGUI & SERICANO, 2009).

Os congêneres hexabromados foram predominantes no gênero *Pygoscelis* e em *L. dominicanus*, enquanto, em skuas, o BDE100 foi mais representativo.

A maior concentração de contaminantes em skuas pode estar relacionada aos hábitos alimentares associados às migrações para regiões do hemisfério norte, onde a presença de PBDEs, incluindo heptabromados, foi notada em diversas espécies de aves marinhas em concentrações superiores aos de aves endêmicas do ambiente antártico, devido principalmente à maior proximidade de fontes de PBDEs (SÖDERSTRÖM et al., 2004; VORKAMP et al., 2004).

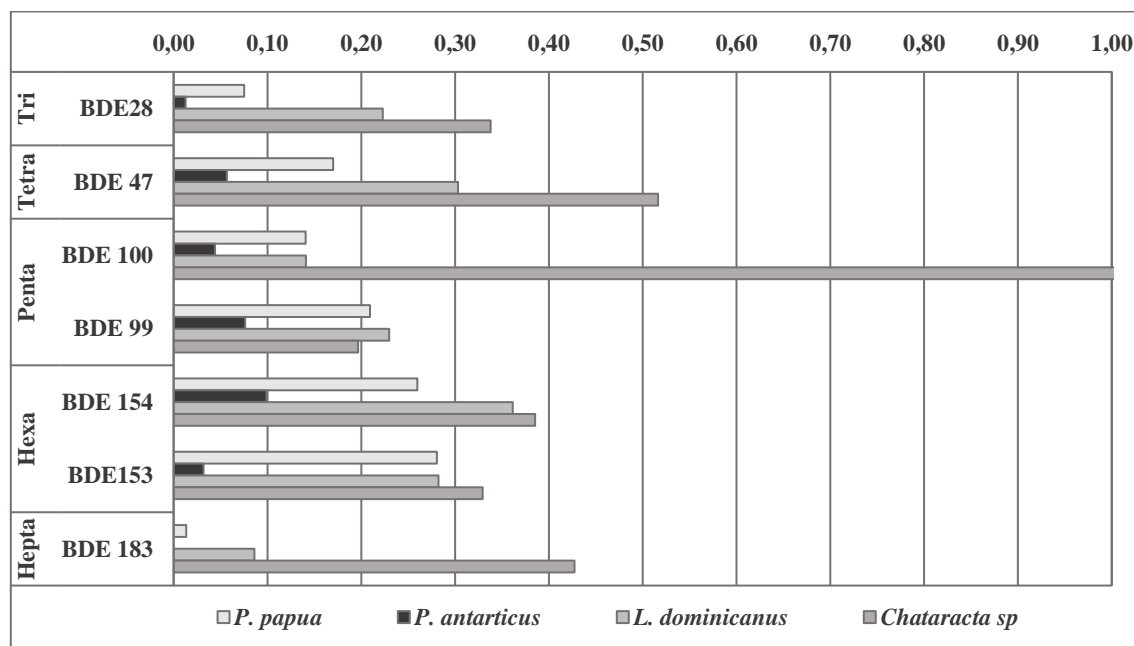


Figura 31 - Concentração média (ng g^{-1}) e distribuição por congêneres de PBDEs (ng g^{-1}) em ovos de aves marinhas na Ilha Rei George.

4.2. Ilhas Brasileiras

4.2.1. Isótopos Estáveis

Os valores de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio em 5 ovos de 3 aves marinhas de espécies diferentes, sendo uma do ASPSP (*Sula leucogaster*), e duas da

Ilha de Trindade (*Onychoprion fuscatus*, *Pterodroma arminjoniana*) são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 - Valores médios de isótopos estáveis de carbono e de nitrogênio em amostras de ovos de três espécies de aves marinhas no ASPSP (*S. leucogaster*) e Ilha de Trindade (*O. fuscatus*, *P. arminjoniana*).

Espécie	n	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
		med \pm desv.pad. (amplitude)	med \pm desv.pad. (amplitude)
<i>S. leucogaster</i>	2	-18,33 (-18,36 a -18,30)	11,28 (11,32 a 11,24)
<i>O. fuscatus</i>	2	-17,99 (-18,01 a -17,97)	8,84 (8,89 a 8,80)
<i>P. arminjoniana</i>	1	-18,19	8,70

A figura 32 apresenta representa os valores médios e os desvios padrões para cada espécie:

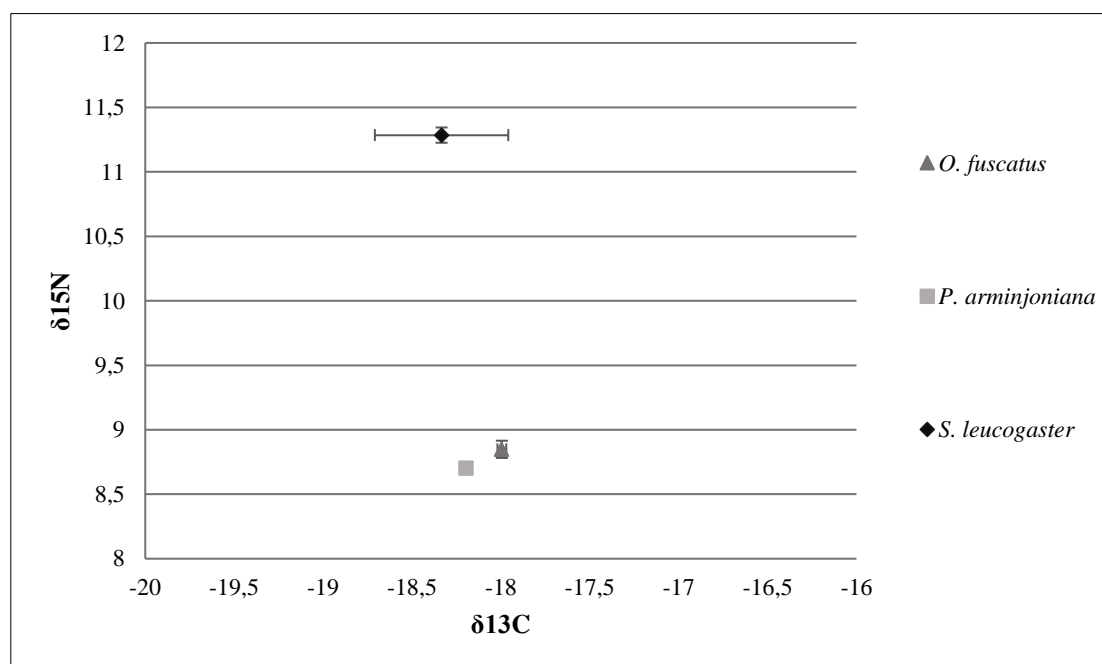


Figura 32 - Valores médios (‰) das razões isotópicas de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) obtidas através da análise de ovos de aves marinhas no ASPSP (*S. leucogaster*) e Ilha de Trindade (*O. fuscatus*, *P. arminjoniana*). As barras indicam os desvios- padrão obtidos.

Devido ao baixo número amostral, não foi possível realizar testes estatísticos. Para a IT, nota-se que a concentração de $\delta^{13}\text{C}$ no *O. fuscatus* é ligeiramente maior quando comparada a *P. arminjoniana*, e ambas estão em um intervalo semelhante de $\delta^{15}\text{N}$. Em

comparação a IT, a *S. leucogaster* apresenta valores semelhantes a *P. arminjoniana* em relação ao $\delta^{13}\text{C}$, entretanto valores de $\delta^{15}\text{N}$ superiores quando comparados as espécies que nidificam na IT.

4.2.2. Poluentes Orgânicos Persistentes

Foi analisado um total de 06 ovos pertencentes a 3 espécies diferentes, sendo uma do ASPSP (*Sula leucogaster*), e duas da Ilha de Trindade (*Onychoprion fuscatus*, *Pterodroma arminjoniana*). Os resultados obtidos para os principais contaminantes orgânicos persistentes encontrados estão dispostos na tabela 7:

Tabela 7 - Concentrações médias e amplitude obtidas de poluentes orgânicos persistente (ng/g⁻¹ peso úmido), em ovos de aves marinhas do arquipélago de são Pedro e são Paulo (*S. leucogaster*) e ilha de trindade (*O. fuscatus*, *P. arminjoniana*).

Amostras	<i>S. leucogaster</i>	<i>O. fuscatus</i>	<i>P. arminjoniana</i>
n	2	2	2
ΣPCBs	1,616 (1,626 a 1,620)	1,677 (1,496 a 1,857)	2,044 (1,787 a 2,302)
ΣDDTs	0,146 (0,144 a 0,147)	0,236 (0,222 a 0,250)	0,274 (0,265 a 0,284)
Hexaclorobenzeno	0,022 (0,017 a 0,028)	0,098 (0,086 a 0,111)	0,11 (0,104 a 0,116)
Mirex	0,045 (0,017 a 0,073)	0,181 (0,108 a 0,255)	0,243 (0,193 a 0,293)
ΣPBDEs	0,014 (0,011 a 0,017)	0,107 (0,038 a 0,177)	0,057 (0,053 a 0,061)
ΣHCHs	0,025 (0,022 a 0,028)	0,044 (0,036 a 0,051)	0,141 (0,041 a 0,241)

Os compostos predominantes para as amostras, tanto no ASPSP, quanto na IT, foram, respectivamente: PCBs [*S. leucogaster* (1,626 a 1,620 ng g⁻¹); *O. fuscatus* (1,496 a 1,857 ng g⁻¹); *P. arminjoniana* (1,787 a 2,302 ng g⁻¹)], DDTs [*S. leucogaster* (0,144 a

0,147 ng g⁻¹) *O. fuscatus* (0,222 a 0,250 ng g⁻¹) *P. arminjoniana* (0,265 a 0,284 ng g⁻¹)], e Mirex [*S. leucogaster* (0,017 a 0,073 ng g⁻¹) *O. fuscatus* (0,108 a 0,255 ng g⁻¹) *P. arminjoniana* (0,193 a 0,293 ng g⁻¹)].

O perfil de distribuição dos demais contaminantes foi diferente entre as aves. Para *S. leucogaster* e *P. arminjoniana*, os HCHs (0,22 a 0,28 ng g⁻¹; 0,041 a 0,241 ng g⁻¹) foram superiores aos HCB (0,017 a 0,028 ng g⁻¹, 0,104 a 0,116 ng g⁻¹) e PBDEs (0,11 a 0,17 ng g⁻¹; 0,053 a 0,061 ng g⁻¹), enquanto que para o *O. fuscatus*, os PBDEs (0,038 a 0,177 ng g⁻¹) foram encontrados em concentrações levemente superiores ao HCB (0,086 a 0,111 ng g⁻¹) e HCHs (0,036 a 0,051 ng g⁻¹).

A figura 33 representa as concentrações médias de POPs para cada espécie:

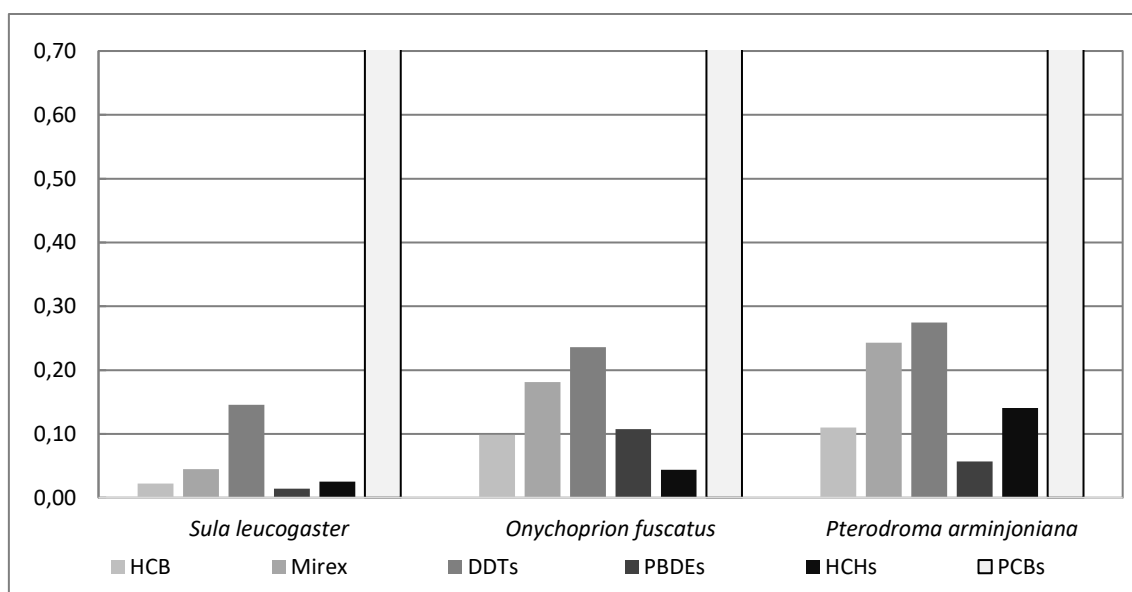


Figura 33 - Concentrações médias de POPs (ng/g⁻¹ peso úmido) nos ovos de aves do ASPSP (*S. leucogaster*) e IT (*O. fuscatus*, *P. arminjoniana*).

Com exceção dos HCHs, com valores maiores no *O. fuscatus*, as concentrações dos POPs foram levemente maiores na *P. arminjoniana*, fator já visto em outros trabalhos como DA SILVA (2019), porém, a autora encontrou, em análise no sangue das espécies, quantificações até 20 vezes maiores para o petrel quando comparada às demais aves analisadas, incluindo o *O. fuscatus*.

A concentração da maioria dos poluentes foi maior na *P. arminjoniana*, o que pode ser relacionada a hábitos migratórios, visto que a razão isotópica entre as espécies da IT foi similar.

O petrel de trindade alcança regiões costeiras do Canadá e Estados Unidos após a época de reprodução, permanecendo por até três meses antes de realizar a volta para a Ilha de Trindade (KRÜGER et al., 2016). A migração trans-equatorial é típica para a *Pterodroma spp.* (RAMOS et al., 2017), fator muitas vezes associado a maiores taxas de contaminação em aves marinhas, devido à maior proximidade de fontes de contaminação (CARRAVIERI et al., 2014; YAMASHITA et al., 2018).

DIAS (2015) observou, em amostras de fígados na IT, um padrão de distribuição de PCBs e DDTs com valores semelhantes para *P. arminjoniana* e *O. fuscatus*. Tal semelhança, também presente nas amostras de ovos analisadas, assim como ambas espécies possuem valores semelhantes de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, relacionado a um possível padrão de redistribuição, deposição, e dispersão mais homogênia dos POPs nos compartimentos abióticos da IT, na área de forrageio das espécies, porém principalmente à possíveis similaridades nos hábitos alimentares e nicho trófico ocupado pelas espécies, previamente notados pelo autor.

Valores mais baixos de contaminantes nos ovos de *S. leucogaster*, associados a valores mais altos de $\delta^{15}\text{N}$, sugerem diferentes fontes alimentares quando comparadas às espécies da IT, visto que o valor de $\delta^{13}\text{C}$ entre as aves é próximo. Portanto, pode-se inferir, que a variação não é quanto a latitude, e sim ao alimento.

Em amostras de ovos no ano 2007, (CUNHA et al., 2012) encontrou valores de PCBs e DDTs maiores quando comparados aos do presente trabalho, porém, observou que a concentração de POPs em amostras de *S. leucogaster* diminuía com o aumento da latitude e longitude, sendo menores no ASPSP quando comparado a outras ilhas do litoral brasileiro, associando tal diminuição ao maior isolamento geográfico do arquipélago, assim como distinções presentes nas espécies de Atobá-marrom quando comparadas as outras ilhas, notadas por BAUMGARTEN (2003).

Bifenilos Policlorados (PCBs)

Em relação ao perfil de distribuição dos PCBs, predominaram os congêneres hexa e heptaclorados para todas as aves (Figura 34). A distribuição dos congêneres entre as espécies foi semelhante, principalmente entre as espécies da IT [*P. arminjoniana* e *O. fuscatus* respectivamente Hexa (46%, 51%), Hepta (28%, 31%), Pentaclorados (9%, 7%)].

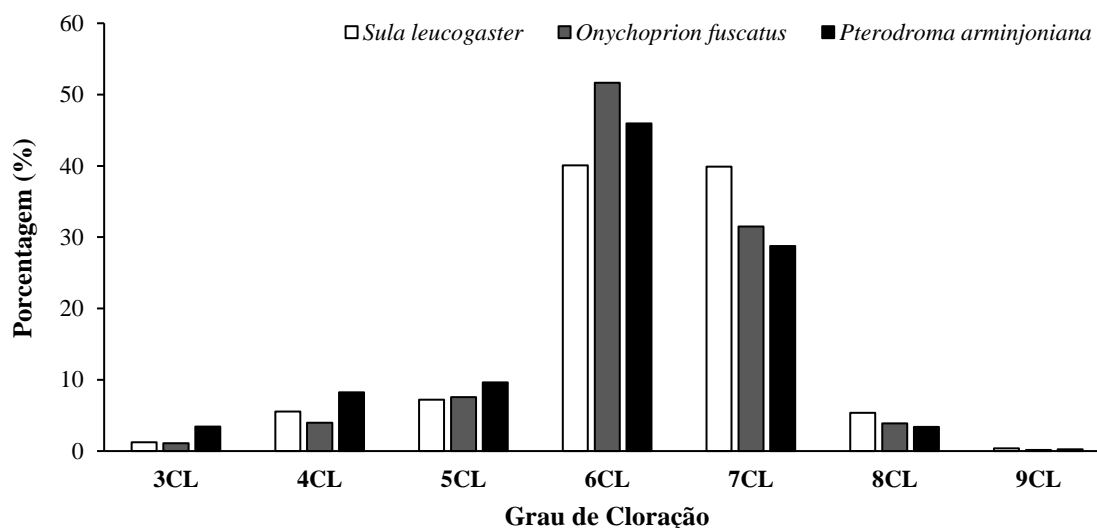


Figura 34 - Distribuição (%) dos congêneres de PCBs encontrados nos ovos das aves do ASPSP e IT, de acordo com o grau de cloração.

A predominância dos congêneres hexa e heptaclorados em tecidos de aves na IT já havia sido notada em trabalhos anteriores (DA SILVA, 2019; DIAS, 2015). A significância de congêneres intermediários em ovos de *O. fuscatus* foi reportada por BOUWMAN et al. (2012), associando o aumento de congêneres mais pesados à transferência de compostos mais hidrofóbicos da fêmea para o filhote no momento de postura dos ovos.

A presença de congêneres pesados em *P. arminjoniana* pode estar relacionada às regiões de forrageio da espécie, relativamente distantes da IT (Dias (2015)). A presença de presas com alto valor energético para maior permanência em vôo tendem a deslocar o perfil para maiores graus de cloração.

Semelhante ao reportado por CUNHA et al. (2012), os congêneres hexa e heptaclorados foram predominantes em ovos de *S. leucogaster* em porcentagens muito

semelhantes (40%, 39%), porém, os autores encontraram valores 10% maiores para pentaclorados quando comparados às amostras deste trabalho. Tais concentrações diferem do reportado por DIAS et al. (2013), que observaram um grau de cloração mais leve (< 4 cloros) no fígado das espécies, entretanto, em sangue, DA SILVA (2019), encontrou perfis semelhantes aos dos ovos.

A presença de compostos mais pesados no sangue e ovos quando comparados ao fígado, tornam possível inferir a diferente metabolização dos compostos em diferentes tecidos da *S. leucogaster*, assim como, a diminuição na concentração de contaminantes quando comparadas as análises de CUNHA et al. (2012).

Associado ao deslocamento do perfil para congêneres mais pesados, pode ser relacionado a maior resistência a degradação metabólica ou ambiental de compostos mais pesados, facilitando seu transporte por longas distâncias (WANIA; MACKAY, 1996).

A maior excreção de congêneres mais leves por aves no topo de cadeia, associado a fatores previamente citados, é relacionado a prevalência de compostos com maior grau de cloração no Atobá-Marrom(MAERVOET et al., 2004).

Pesticidas Organoclorados (POCs)

Os DDTs foram os pesticidas predominantes tanto nas espécies analisadas na IT (*O. fuscatus*, *P. arminjoniana*), quanto em *S. leucogaster* no ASPSP (Tabela 7)

Dentre os DDTs se observou uma semelhança no padrão de distribuição dos congêneres, com a prevalência de p,p',DDE, representando mais de 95% dos metabólitos encontrados nas aves (Figura 35). O contaminante é constantemente encontrado em aves no topo de cadeias alimentares, dado a alta persistencia quimica e ambiental, associado à produção de DDE por metabolização do DDT (JONES; DE VOOGT, 1999; YAMASHITA et al., 2018).

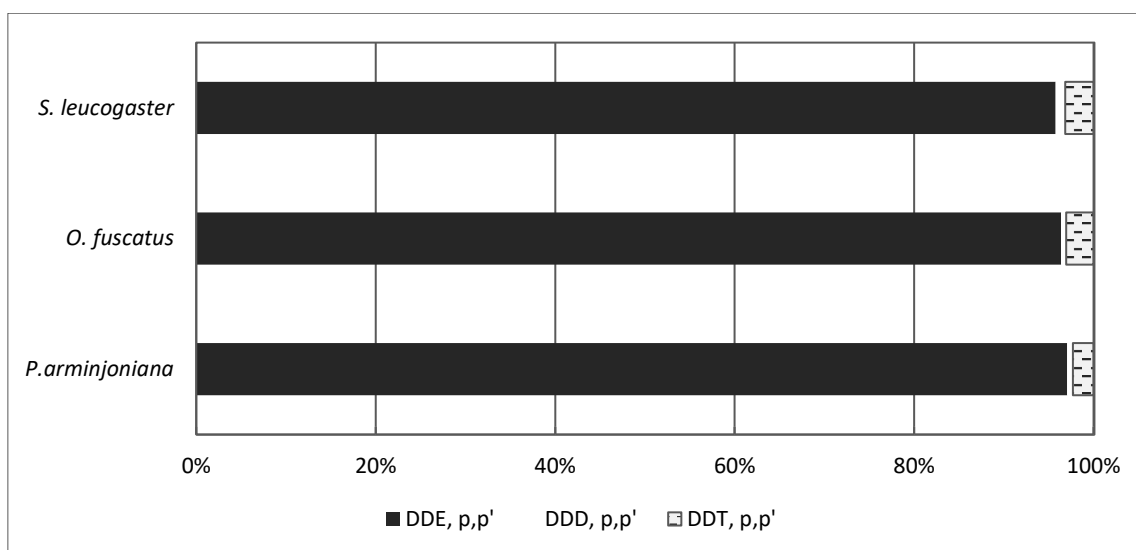


Figura 35 - Distribuição percentual dos DDTs e metabólitos nos ovos de aves do ASPSP (*S. leucogaster*) e IT (*O. fuscatus*, *P. arminjoniana*).

DA SILVA (2019) encontrou perfis de distribuição semelhantes para a IT e ASPSP no sangue das mesmas aves deste estudo. As concentrações do metabólito *p,p'*,DDE encontradas nos ovos de *S. leucogaster* foram semelhantes às encontradas por CUNHA et al. (2012) (>95%). O metabólito *p,p'*,DDE também foi o mais representativo em análise feita por DIAS (2015) na IT no fígado de *O. fuscatus*, *P. arminjoniana* (~70%).

A razão p,p' -DDE/ Σ DDTs, foi superior a 0,9 para todas as espécies, valores acima de 0,6, como discutido anteriormente, tornam possíveis inferir uma entrada mais antiga do contaminante, o que reflete um desuso do pesticida, proibido em vários países na década de 1970, devido à alta capacidade residual e consequente impacto ecológico (HECK, 2001).

O mirex esteve presentes em todas as espécies analisadas, porém em concentrações uma ordem de grandeza menor na *S. leucogaster* ($0,045 \text{ ng g}^{-1}$) comparado às espécies da IT ($0,181 \text{ ng g}^{-1}$ *O. fuscatus* ; $0,243 \text{ ng g}^{-1}$ *P. arminjoniana*).

A presença de mirex no ASPSP tem sido notada em concentrações baixas ou próximas ao LMD em tecidos de aves e outros organismos da região, porém, em concentrações levemente maiores em organismos da IT, principalmente em aves migrantes, como *P. arminjoniana* (DA SILVA, 2019; DIAS, 2015). A maior presença de

mirex em ovos de aves marinhas que habitam ou migram para regiões próximas a antigos grandes centros produtores do pesticida, principalmente no hemisfério norte, tem sido reportada em diversos trabalhos (CIPRO et al., 2013; NORSTROM et al., 1980), devido principalmente à baixa mobilidade do pesticida (WANIA; MACKAY, 1996).

Apesar de estar presente em todas as aves, os HCHs foram encontrados em concentrações baixas em ambas as ilhas (Figura 36). Segundo PANDIT et al. (2001), a alta pressão de vapor dos HCHs favorece sua volatilização em regiões tropicais, e consequentemente, diminui a introdução deste pesticida nestas regiões, além disso, tal composto é o menos persistente em aves marinhas, com altas taxas de eliminação quando comparados a outros organoclorados (MOISEY et al., 2001), o que pode explicar as baixas concentrações encontradas no presente estudo.

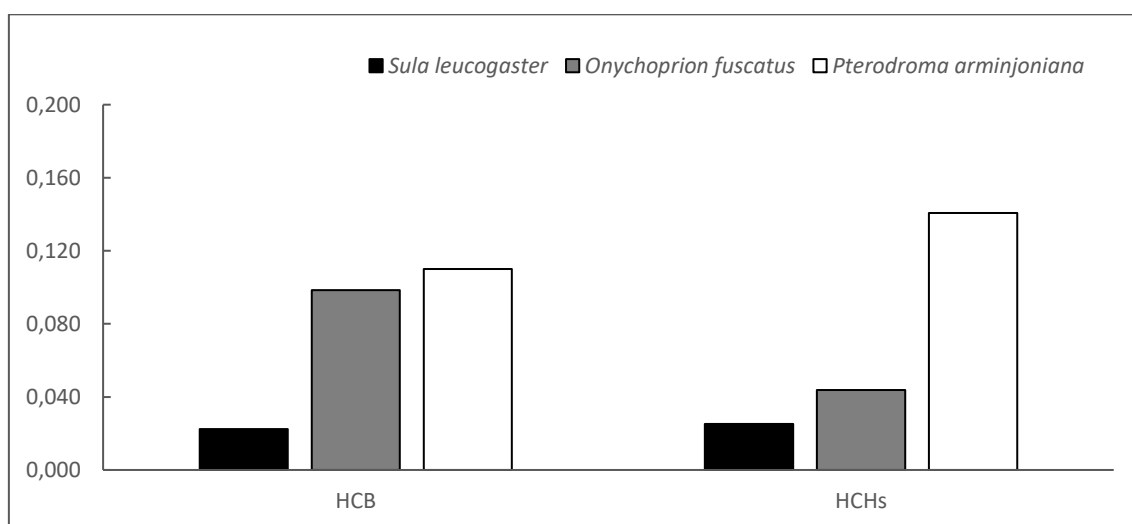


Figura 36 - - Concentrações médias (ng/g⁻¹ peso úmido) de ciclohexanos (HCHs) e hexaclorobenzeno (HCB) em ovos de aves marinhas do ASPSP (*S. leucogaster*) e IT (*O. fuscatus*, *P. arminjoniana*).

Assim como os HCHs, o HCB foi encontrado em todas as espécies em baixas concentrações (Figura 36) DIAS encontrou em fígados de aves na IT (2015) e ASPSP (2013), um perfil de distribuição semelhante ao do presente trabalho, porém em concentrações maiores (6,61 ng g⁻¹, 2,60 ng g⁻¹, 1,61 ng g⁻¹ para *P. arminjoniana*, *O. fuscatus*, e *S. leucogaster*, respectivamente). Tal pesticida foi bastante utilizado devido à sua atividade fungicida (DA SILVA, 2019), segundo WANIA; MACKAY (1996), o HCB, apresenta relativa volatilidade, o que favorece seu transporte para regiões polares,

assim como a menor retenção do contaminante em ambientes tropicais, explicando as baixas taxas encontradas no presente estudo.

Éteres difenílicos polibromados (PBDEs)

Em relação aos PBDEs, houve a detecção dos congêneres tetra- à hexabromados (Figura 37) nos ovos de aves da IT e ASPSP. De maneira geral, as concentrações foram menores quando comparadas aos PCBs e DDTs.

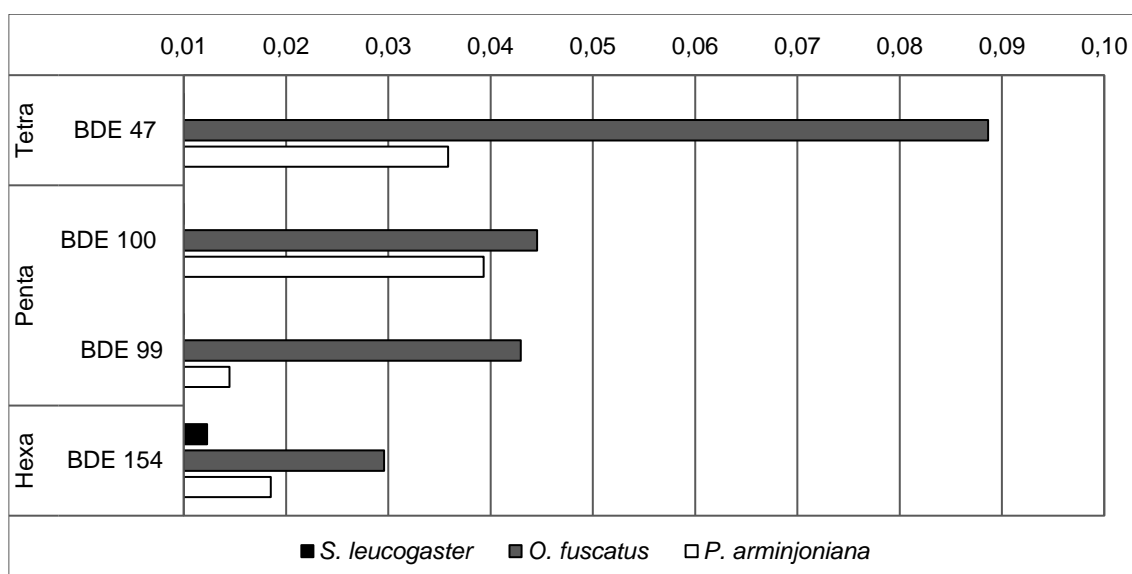


Figura 37 - Concentração média (ng/g¹ peso úmido) e distribuição por congêneres de PBDEs em ovos de aves marinhas do ASPSP (*S. leucogaster*) e IT (*O. fuscatus*, *P. arminjoniana*).

Na IT os congêneres identificados foram o PBDE 47, 99, 100, e 154, sendo este último o único acima do LMD em ovos de *S. leucogaster* no ASPSP. Em 2017, DA SILVA (2019) encontrou concentrações semelhantes do pesticida no sangue de *S. leucogaster* (cerca de 0,01 ng g⁻¹) sendo o PBDE 154 o congêneres predominante na espécie. Para a IT, a autora encontrou concentrações medianas mais baixas para o *O. fuscatus* (<LQM), e para a *P. arminjoniana*, apesar de valores medianos mais baixos (0,007 ng g⁻¹) a amplitude máxima na detecção dos PBDEs foi semelhante aos valores encontrados neste trabalho (0,071 ng g⁻¹).

Concentrações semelhantes para o *O. fuscatus* foram detectadas em ovos da espécie por BOUWMAN et al. (2012) no Oceano Indico (0,7 ng g⁻¹), com perfil de

bromação semelhante ao deste trabalho (maior predominância de congêneres tetra e pentabromados, PBDE 47 >60% do total).

4.3. VARIAÇÃO LATITUDINAL

Devido ao baixo número de amostras, não foi possível realizar correlações entre a razão isotópica de carbono e nitrogênio com compostos organoclorados entre as aves dos distintos ambientes estudados. Entretanto, alguns resultados sugerem associações entre os habitats e variações entre as concentrações destes compostos.

Com a identificação dos isótopos estáveis, verifica-se uma variação de $\delta^{13}\text{C}$ entre as espécies que nidificam em ambiente antártico e tropical (figura 38). Menores valores desse isótopo são esperados em aves provenientes de altas latitudes (CHEREL et al., 2006).

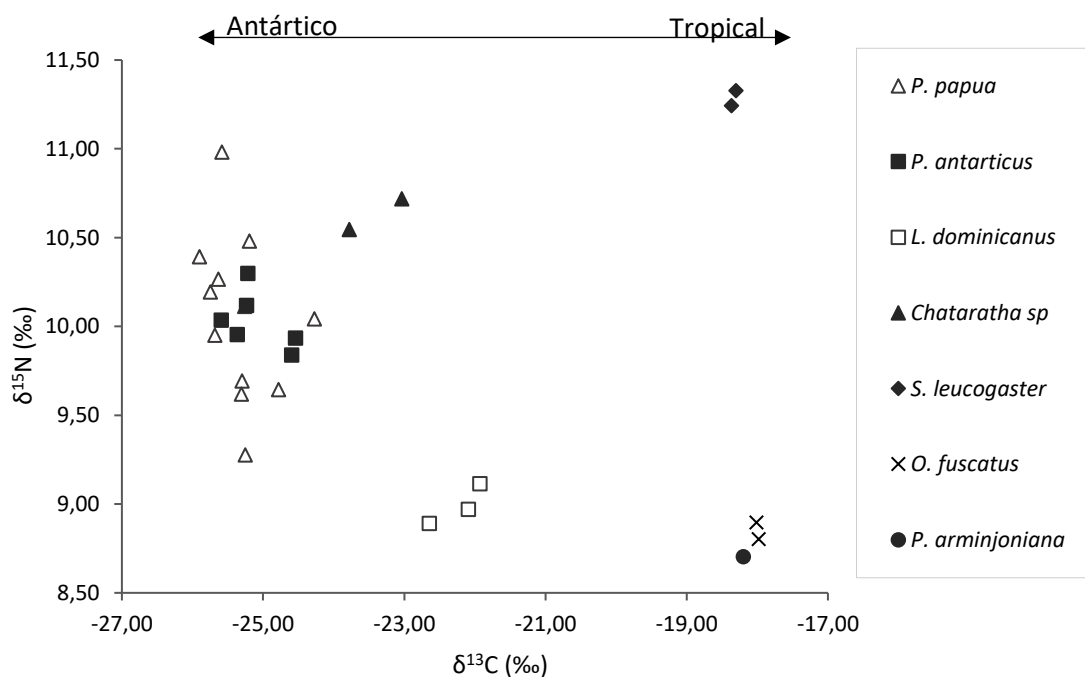


Figura 38 - Valores individuais de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em ovos de aves marinhas da Ilha Rei George, Ilha de Trindade, e Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

Quando comparados aos pinguins, a presença de valores ligeiramente maiores de $\delta^{13}\text{C}$ em skuas e gaivotões podem estar relacionados a sua alimentação mais oportunista, além de hábitos migratórios para latitudes menores, visto que tais valores

podem refletir os hábitos migratórios para as espécies, assim como o endemismo das espécies de *Pygoscelis*, refletido em concentrações de $\delta^{13}\text{C}$ até 4‰ menores em comparação com o *L. dominicanus*, e até 8‰ em comparação com as aves da IT, e ASPSP.

As variações de $\delta^{13}\text{C}$ de entre as espécies que nidificam em ambientes antárticos e tropicais também são refletidas nas concentrações de POPs. Com exceção dos PBDEs, e HCHs, todos os POPs foram encontrados em ordens de grandeza de uma a três vezes maiores em aves antárticas.

CARRAVIERI et al. (2014), em análise no sangue de Albatrozes-errantes (*Diomedea exulans*), documentam uma forte influência dos hábitos de forrageamento da espécie na carga de organoclorados, os autores observam uma menor presença dos compostos em aves de regiões mais quentes (demarcadas pela menor presença de $\delta^{13}\text{C}$) em comparação com as de regiões polares, como observado no presente estudo, e demonstrado na Figura 39 para PCBs.

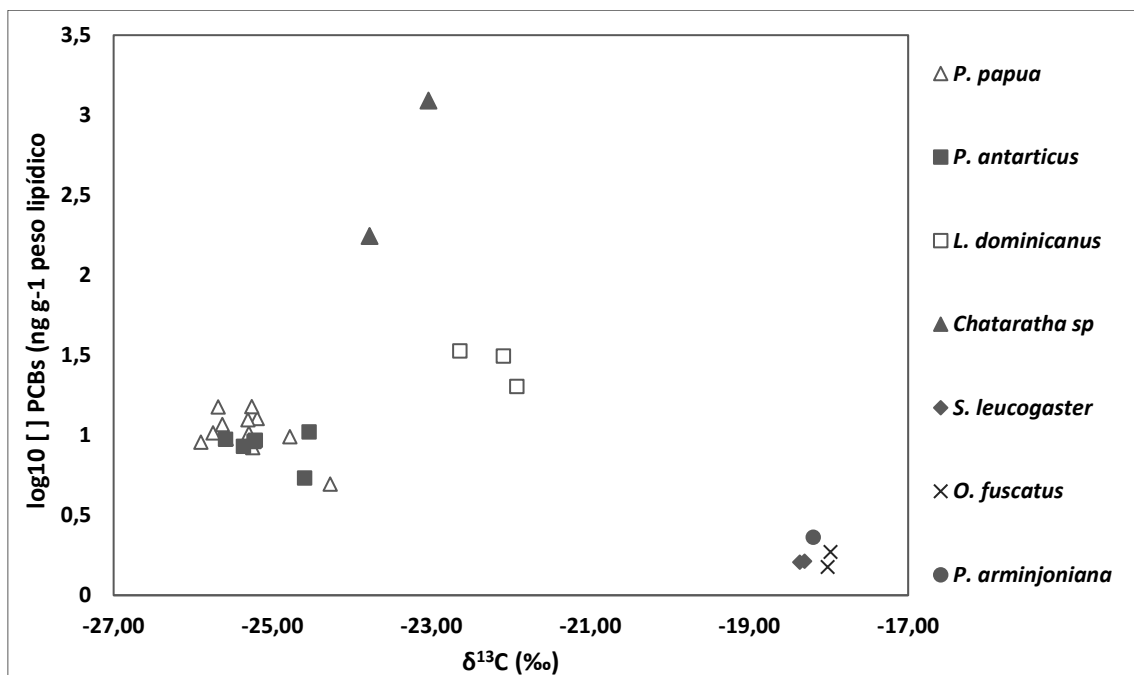


Figura 39 - Razões isotópicas de Carbono e concentrações de PCBs em ovos de aves marinhas na Ilha Rei George, Ilha de Trindade, e Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

As diferenças na concentração de $\delta^{15}\text{N}$ não foram correlacionadas a um padrão de distribuição latitudinal de contaminantes orgânicos, o que pode ser um indício de que outros fatores tenham uma influência maior do que a dieta na distribuição de organoclorados (figura 40). O transporte atmosférico (CALAMARI et. al., 1991), assim como a migração de algumas espécies (CORSOLINI, 2009), como skua e Petrel-de-Trindade, já abordadas anteriormente, podem explicar as diferenças encontradas. Fatores como stress nutricional (KIDD et. al., 1995) e alterações na dieta, que podem ser causadas inclusive por fatores antrópicos (BUGONI et al., 2010), podem ser levadas em consideração, demonstrando a necessidade de uma interpretação conjunta de fatores na interpretação da contaminação por POPs em aves marinhas.

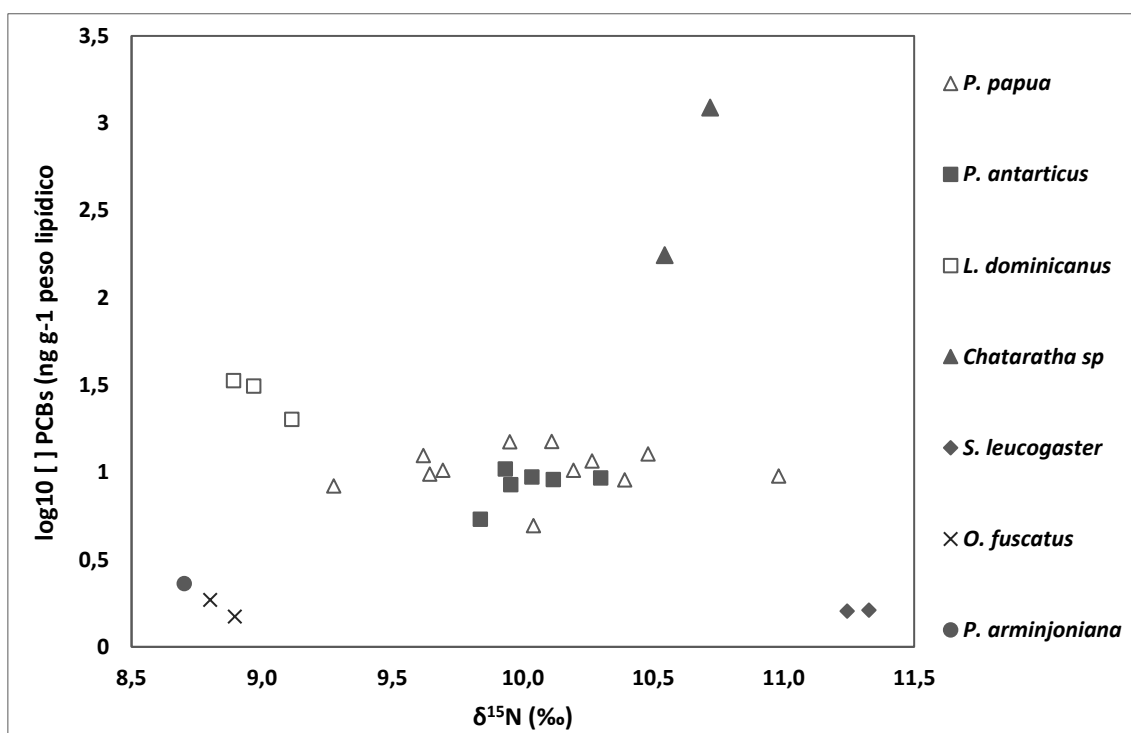


Figura 40 - Razões isotópicas de nitrogênio e concentrações de PCBs em ovos de aves marinhas na Ilha Rei George, Ilha de Trindade, e Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

5. CONCLUSÕES

A ocorrência de poluentes orgânicos persistentes foi observada em todas as espécies que nidificam na Ilha Rei George, Ilha de Trindade, e Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Os principais POPs foram os PCBs e DDTs.

Fatores ecológicos, como dieta e migração, representaram forte influência na concentração de poluentes orgânicos persistente. Aves endêmicas da região antártica (*P. papua*, *P. antarcticus*) apresentaram concentração de POPs, como PCBs e DDTs, em até duas ordens de grandeza menores quando comparadas a espécies com hábitos migratórios trans-latitudinais (*L. dominicanus*, *Catharacta sp*). Hábitos mais oportunistas nas skuas em comparação ao gaivotão, principalmente durante o período de formação do ovo, podem ter influenciado nas concentrações em até uma ordem de grandeza menores em *L. dominicanus*.

Para as aves que nidificam em latitudes menores, apesar do baixo número amostral, a concentração de contaminantes orgânicos foi semelhante entre o ASPSP e a IT. A presença de POPs em concentrações levemente maiores em *P. arminjoniana* quando comparada a *S. leucogaster* e *O. fuscatus*, foi relacionada aos hábitos migratórios do Petrel-de-Trindade, que permanece no hemisfério norte por até três meses após o período reprodutivo.

Atmosfera é a principal via de transporte de POPs para regiões distantes, as quais acumulam POPs em baixas concentrações. Apesar da migração para o hemisfério norte ser hábito do Petrel-de-trindade e da Skua, concentrações de POPs até três ordens de grandeza superiores na *Catharacta sp* em relação a *P. arminjoniana* permitem inferir que a alimentação de ambas poderia explicar tal diferença.

A falta de correlação entre os contaminantes e os isótopos estáveis podem estar relacionados a fatores como tamanho das aves, stress, competição, alterações na dieta, dentre outros que alteram as concentrações de POPs nos indivíduos, sendo necessário estudos futuros que abordem tais influências, a fim de esclarecer cada vez mais a relação que as aves marinhas possuem com os poluentes orgânicos persistentes.

6. REFERÊNCIAS

- [USEPA] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Persistent Organic Pollutants: A Global Issue, A Global response**. 2002. Disponível em: <https://www.epa.gov/international-cooperation/persistent-organic-pollutants-global-issue-global-response>.
- ACKERMAN, Joshua T.; EAGLES-SMITH, Collin A.; HERZOG, Mark P.; HARTMAN, C. Alex. Maternal transfer of contaminants in birds: Mercury and selenium concentrations in parents and their eggs. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 210, p. 145–154, 2016. DOI: 10.1016/j.envpol.2015.12.016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2015.12.016>.
- ALEXANDER, D. E. Bioaccumulation, bioconcentration, biomagnification. **Environmental Geology**, [S. l.], p. 43–44, 1999. Disponível em: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F1-4020-4494-1_31.
- ALLEY, Earl G. The Use of Mirex in Control of the Imported Fire Ant. **Journal of Environmental Quality**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 52–61, 1973. DOI: 10.2134/jeq1973.00472425000200010005x.
- ALVES, Ruy José Válka. ILHA DA TRINDADE & ARQUIPÉLAGO MARTIN VAZ. UM ENSAIO GEOBOTÂNICO. **Serviço de Documentação da Marinha, DHN, Brasil**, [S. l.], p. 144, 1998.
- AMARAL, Fernanda D.; HUDSON, Marco M.; SILVEIRA, Fábio L.; MIGOTTO, Alvaro E.; PINTO, Suzana M.; LONGO, L. Cnidarians of Saint Peter and St . Paul Archipelago , Northeast Brazil. **9th International Coral Reef Symposium**, [S. l.], n. October, p. 567–572, 2000. Disponível em: http://coremap.or.id/downloads/ICRS9th-Fernanda_Amaral.pdf.
- ANDERSON, D. W. & HICKEY, J. J. Eggshell changes in certain North American birds. **Proceedings of the 15th International Ornithological Congress**, [S. l.], p. 514~0, 1972.
- ANGULO, Rodolfo José et al. Journal of South American Earth Sciences Quaternary sealevel changes and coastal evolution of the Island of Trindade , Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, [S. l.], v. 84, n. April, p. 208–222, 2018. DOI: 10.1016/j.jsames.2018.04.003. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.04.003>.
- ANTONELLO, Izoldir; HUMERES, Eduardo; DE SOUZA, Ivan Gonçalves; DEBACHER, Nito Angelo; MARTINS, Alexandre Rios. Determinação de ascarel em óleo isolante de transformadores. **Química Nova**, [S. l.], v. 30, n. 3, p. 709–711, 2007. DOI: 10.1590/s0100-40422007000300034.
- ATSDR. ATSDR Case Studies in Environmental Medicine Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Toxicity. [S. l.], p. 90, 2018. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/csem/conteduc.html>.
- AZEREDO, Antonio et al. DDT and its metabolites in breast milk from the Madeira

River basin in the Amazon, Brazil. **Chemosphere**, [S. l.], v. 73, n. 1 SUPPL., p. 246–251, 2008. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2007.04.090.

BALLSCHMITER, K.; SCHOLZ, Ch; BUCHERT, H.; ZELL, M.; FIGGE, K.; POLZHOFER, K.; HOERSCHELMANN, H. Studies of the global baseline pollution - V. Monitoring the baseline pollution of the sub-antarctic by penguins as bioindicators. **Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie**, [S. l.], v. 309, n. 1, p. 1–7, 1981. DOI: 10.1007/BF00493443.

BANKS, RICHARD C., CICERO, CARLA, DUNN, JON L., KRATTER, ANDREW W., RASMUSSEN, PAMELA C., Et al. FORTY-THIRD SUPPLEMENT TO THE AMERICAN ORNITHOLOGISTS' UNION CHECK-LIST OF NORTH AMERICAN BIRDS. **The Auk**, [S. l.], v. 119, n. 3, p. 897–906, 2002. DOI: 10.2307/4068837.

BARBER, Jonathan L.; SWEETMAN, Andrew J.; VAN WIJK, Dolf; JONES, Kevin C. Hexachlorobenzene in the global environment: Emissions, levels, distribution, trends and processes. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 349, n. 1–3, p. 1–44, 2005. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2005.03.014.

BARBOSA, A.; BENZAL, J.; DE LEÓN, A.; MORENO, J. Population decline of chinstrap penguins (*Pygoscelis antarctica*) on Deception Island, South Shetlands, Antarctica. **Polar Biology**, [S. l.], v. 35, n. 9, p. 1453–1457, 2012. DOI: 10.1007/s00300-012-1196-1.

BARRAQUAND, Frédéric; HØYE, Toke T.; HENDEN, John André; YOCCOZ, Nigel G.; GILG, Olivier; SCHMIDT, Niels M.; SITTNER, Benoît; IMS, Rolf A. Demographic responses of a site-faithful and territorial predator to its fluctuating prey: Long-tailed skuas and arctic lemmings. **Journal of Animal Ecology**, [S. l.], v. 83, n. 2, p. 375–387, 2014. DOI: 10.1111/1365-2656.12140.

BARRETT, Robert T.; ANKER-NILSSEN, Tycho; GABRIELSEN, Geir W.; CHAPDELAIN, Gilles. Food consumption by seabirds in Norwegian waters. **ICES Journal of Marine Science**, [S. l.], v. 59, n. 1, p. 43–57, 2002. DOI: 10.1006/jmsc.2001.1145.

BEYER, LOTHAR; BÖLTER, Manfred. **Geocology of Antarctic Ice-Free Coastal Landscapes**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2002. v. 154 DOI: 10.1007/978-3-642-56318-8. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-56318-8>.

BEZERRA, Natalia; MACENA, Bruno C. L.; MENDONÇA, Sibeles A.; BONFIL, Ramón; HAZIN, Fábio H. V. First record of the smooth hammerhead shark (*Sphyrna zygaena*) in Saint Peter and Saint Paul Archipelago: Range extension for the equatorial region. **Latin American Journal of Aquatic Research**, [S. l.], v. 45, n. 2, p. 481–484, 2017. DOI: 10.3856/vol45-issue2-fulltext-22.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. **IUCN Red List for birds - Species factsheet: *Onychoprion fuscatus***. 2020.

BLUS, Lawrence J.; HENNY, Charles J.; LENHART, David J. Effects of Heptachlor- and Lindane-Treated Seed on Canada Geese. **The Journal of Wildlife Management**, [S. l.], v. 48, n. 4, p. 1097, 1984. DOI: 10.2307/3801771. Disponível em:

<https://www.jstor.org/stable/3801771?origin=crossref>.

BOST, CHARLES-ANDRÉ; JOUVENTIN, PIERRE. Evolutionary Ecology of Gentoo Penguins (*Pygoscelis papua*). **Penguin Biology**, [S. l.], n. 1953, p. 85–112, 1990. DOI: 10.1016/b978-0-08-057106-5.50011-5.

BOUREZ, Sophie; LE LAY, Soazig; VAN DEN DAELEN, Carine; LOUIS, Caroline; LARONDELLE, Yvan; THOMÉ, Jean Pierre; SCHNEIDER, Yves Jacques; DUGAIL, Isabelle; DEBIER, Cathy. Accumulation of Polychlorinated biphenyls in adipocytes: Selective targeting to lipid droplets and role of caveolin-1. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 1–9, 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0031834.

BOUWMAN, Hindrik; KYLIN, Henrik; CHOONG KWET YIVE, Nee Sun; TATAYAH, Vikash; LØKEN, Katharina; UTNE SKAARE, Janneche; POLDER, Anuschka. First report of chlorinated and brominated hydrocarbon pollutants in marine bird eggs from an oceanic Indian Ocean island. **Environmental Research**, [S. l.], v. 118, p. 53–64, 2012. DOI: 10.1016/j.envres.2012.05.009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2012.05.009>.

BRAUN, Matthias Holger; SAURER, Helmut. Climate , energy fluxes and ablation rates on the ice cap of King George Island. [S. l.], n. January 2004, 2004.

BRAUN, Matthias; SIMÕES, Jefferson C.; VOGT, Steffen; BREMER, Ulisses F.; BLINDOW, Norbert; PFENDER, Marion; SAURER, Helmut; AQUINO, Francisco E.; FERRON, Francisco A. An improved topographic database for King George Island: compilation, application and outlook. **Antarctic Science**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 41–52, 2001. DOI: 10.1017/S0954102001000074. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifiier/S0954102001000074/type/journal_article.

BRAUNE, B. M. et al. Persistent organic pollutants and mercury in marine biota of the Canadian Arctic: An overview of spatial and temporal trends. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 351–352, p. 4–56, 2005. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2004.10.034.

BUGLIA, Ana Gabriela; SCHIPILLITI, Luisa; MONDELLO, Luigi. Determinação da razão isotópica do carbono por GC-C-IRMS utilizando extração HS-SPME em matrizes complexas naturais de interesse alimentar. **Scientia Chromatographica**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 155–165, 2014. DOI: 10.4322/sc.2015.002.

BURGOS, Douglas Correia; MARIA, Sonia; PEREIRA, Barreto; BANDEIRA-PEDROSA, Maria Elizabeth; PETERSEN, H. E.; OKAMURA, G. Martens; JOLY, A. B.; DREW, Zanardini K. M. Levantamento florístico das Rodofíceas do Arquipélago. [S. l.], v. 23, n. 4, p. 1110–1118, 2009.

BUSTNES, Jan O.; TVERAA, Torkild; VARPE, Øystein; HENDEN, John A.; SKAARE, Janneche U. Reproductive performance and organochlorine pollutants in an Antarctic marine top predator: The south polar skua. **Environment International**, [S. l.], v. 33, n. 7, p. 911–918, 2007. DOI: 10.1016/j.envint.2007.04.010.

CAMPOS, Thomas Ferreira da Costa; NETO, Joaquim das Virgens; SRIVASTAVA, Narendra Kumar; PETTA, Reinaldo Antônio; HARTMANN, Léo Afraneo; MORAES,

João Francisco Silveira De; MENDES, Liana; SILVEIRA, Susan Roberta Mello. Saint Peter and Saint Paul's Archipelago: Tectonic uplift of infra-crustal rocks in the Atlantic Ocean. **Geological and Palaeontological Sites of Brazil (SIGEP 002)**, [S. l.], p. 12, 2005.

CARRAVIERI, Alice et al. Wandering albatrosses document latitudinal variations in the transfer of persistent organic pollutants and mercury to southern ocean predators. **Environmental Science and Technology**, [S. l.], v. 48, n. 24, p. 14746–14755, 2014. DOI: 10.1021/es504601m.

CARRAVIERI, Alice; BUSTAMANTE, Paco; LABADIE, Pierre; BUDZINSKI, Hélène; CHASTEL, Olivier; CHEREL, Yves. Trace elements and persistent organic pollutants in chicks of 13 seabird species from Antarctica to the subtropics. **Environment International**, [S. l.], v. 134, n. June 2019, p. 105225, 2020. DOI: 10.1016/j.envint.2019.105225. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105225>.

CARTER, JF; BARWICK, VJ. **Good practice guide for isotope ratio Mass Spectrometry**. [s.l: s.n.]. DOI: 10.1016/j.forc.2018.10.005. Disponível em: [http://www.forensic-isotopes.org/assets/IRMS Guide Finalv3.1_Web.pdf](http://www.forensic-isotopes.org/assets/IRMS%20Guide%20Finalv3.1_Web.pdf).

CASCAES, MJ. Ocorrência de PCBs, PBDEs e pesticidas organoclorados em *Prionace glauca* da costa sul brasileira. [S. l.], 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21133/tde-03082011-105834/en.php>.

CAXITO, Fabrício A.; SILVA, Almir Vieira. Isótopos Estáveis: Fundamentos E Técnicas Aplicadas À Caracterização E Proveniência Geográfica De Produtos Alimentícios. **Geonomos**, [S. l.], n. December, 2015. DOI: 10.18285/geonomos.v23i1.657.

CHEREL, Y.; PHILLIPS, Richard A.; HOBSON, Keith A.; MCGILL, Rona. Stable isotope evidence of diverse species-specific and individual wintering strategies in seabirds. **Biology Letters**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 301–303, 2006. DOI: 10.1098/rsbl.2006.0445.

CHEREL, Yves; HOBSON, Keith A. Geographical variation in carbon stable isotope signatures of marine predators : a tool to investigate their foraging areas in the Southern Ocean. [S. l.], n. March 2014, 2007. DOI: 10.3354/meps329281.

CIPRO, Caio V. Z.; BUSTAMANTE, Paco; MONTONE, Rosalinda C.; OLIVEIRA, Lucas C.; PETRY, Maria V. Do population parameters influence the role of seabird colonies as secondary pollutants source? A case study for Antarctic ecosystems. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 149, n. November, p. 110534, 2019. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.110534. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110534>.

CIPRO, Caio V. Z.; COLABUONO, Fernanda I.; TANIGUCHI, Satie; MONTONE, Rosalinda Carmela. Persistent organic pollutants in bird, fish and invertebrate samples from King George Island, Antarctica. **Antarctic Science**, [S. l.], v. 25, n. 4, p. 545–552, 2013. DOI: 10.1017/S0954102012001149.

CIPRO, Caio V. Z.; TANIGUCHI, Satie; MONTONE, Rosalinda Carmela. Occurrence

of organochlorine compounds in *Euphausia superba* and unhatched eggs of *Pygoscelis* genus penguins from Admiralty Bay (King George Island, Antarctica) and estimation of biomagnification factors. **Chemosphere**, [S. l.], v. 78, n. 6, p. 767–771, 2010. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2009.10.006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.10.006>.

CIPRO, Caio Vinícius Zecchin. Poluentes Orgânicos E Isótopos Estáveis No Ecossistema Da Baía De Almirantado, Ilha Rei George, Antártida. **Doutorado**, [S. l.], p. 225, 2011.

CIPRO, Cvz. Ocorrência de compostos organoclorados em *Euphausia superba* e em ovos gorados de pingüins do gênero *Pygoscelis*. [S. l.], p. 1–148, 2007. Disponível em: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Ocorrência+de+compostos+organoclorados+em+Euphausia+superba+e+em+ovos+gorados+de+pingüins+do+gênero+Pygoscelis#0>.

COLABUONO, Fernanda I.; TANIGUCHI, Satie; PETRY, Maria V.; MONTONE, Rosalinda C. Organochlorine contaminants and polybrominated diphenyl ethers in eggs and embryos of Antarctic birds. **Antarctic Science**, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 355–361, 2014. DOI: 10.1017/S0954102014000807.

COLABUONO, Fernanda I.; TANIGUCHI, Satie; PETRY, Maria V.; MONTONE, Rosalinda C. Organochlorine contaminants and polybrominated diphenyl ethers in eggs and embryos of Antarctic birds. [S. l.], v. 27, n. 4, p. 355–361, 2015. a. DOI: 10.1017/S0954102014000807.

COLABUONO, Fernanda Imperatrice. Poluentes orgânicos persistentes e ingestão de plásticos em albatrozes e petréis (Procellariiformes). [S. l.], p. 202, 2011.

COLABUONO, Fernanda Imperatrice; TANIGUCHI, Satie; CIPRO, Caio Vinícius Zecchin; DA SILVA, Josilene; BÍCEGO, Márcia Caruso; MONTONE, Rosalinda Carmela. Persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons in mosses after fire at the Brazilian Antarctic Station. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 93, n. 1–2, p. 266–269, 2015. b. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2015.01.018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.01.018>.

COLABUONO, Fernanda Imperatrice; TANIGUCHI, Satie; MONTONE, Rosalinda Carmela. Organochlorine contaminants in albatrosses and petrels during migration in South Atlantic Ocean. **Chemosphere**, [S. l.], v. 86, n. 7, p. 701–708, 2012. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.10.043. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.10.043>.

CORSOLINI, Simonetta. Industrial contaminants in Antarctic biota. **Journal of Chromatography A**, [S. l.], v. 1216, n. 3, p. 598–612, 2009. DOI: 10.1016/j.chroma.2008.08.012. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021967308013411>.

CORSOLINI, Simonetta; BORGHESI, Nicoletta; ADEMOLLO, Nicoletta; FOCARDI, Silvano. Chlorinated biphenyls and pesticides in migrating and resident seabirds from East and West Antarctica. **Environment International**, [S. l.], v. 37, n. 8, p. 1329–1335, 2011. DOI: 10.1016/j.envint.2011.05.017. Disponível em:

DEL HOYO, J.; ELLIOTT, A.; SARGATEL, J. **Handbook of the Birds of the World**. Barcelona.

DENADAI, Juliana Célia; DUCATTI, C.; PEZZATO, A. C.; CARRIJO, A. S.; CALDARA, F. R.; OLIVEIRA, R. P. Studies on carbon-13 turnover in eggs and blood of commercial layers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 251–256, 2006. DOI: 10.1590/S1516-635X2006000400008.

DENIRO, Michael J.; EPSTEIN, Samuel. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, [S. l.], v. 42, n. 5, p. 495–506, 1978. DOI: 10.1016/0016-7037(78)90199-0. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0016703778901990>.

DIAS, Patrick S.; CIPRO, Caio V. Z.; COLABUONO, Fernanda I.; TANIGUCHI, Satie; MONTONE, Rosalinda C. Persistent organic pollutants and stable isotopes in seabirds of the rocas atoll, equatorial atlantic, brazil. **Marine Ornithology**, [S. l.], v. 46, n. 2, p. 139–148, 2018.

DIAS, Patrick S.; CIPRO, Caio V. Z.; TANIGUCHI, Satie; MONTONE, Rosalinda C. Persistent organic pollutants in marine biota of São Pedro and São Paulo. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 74, n. 1, p. 435–440, 2013. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2013.06.025. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.06.025>.

DIAS, Patrick Simões. Poluentes orgânicos persistentes na biota marinha do arquipélago de São Pedro e São Paulo. **Dissertação (Mestrado em Ciências - Área de concentração: Oceanografia Química)**, [S. l.], p. 79, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21133/tde-04082011-152211/>.

DIAS, Patrick Simões. Poluentes Orgânicos Persistentes e Isótopos Estáveis em Aves Marinhas de Ilhas Oceânicas Brasileiras. **Dissertação**, [S. l.], p. 116, 2015.

EULAERS, Igor et al. Ecological and spatial factors drive intra- and interspecific variation in exposure of subarctic predatory bird nestlings to persistent organic pollutants. **Environment International**, [S. l.], v. 57–58, p. 25–33, 2013. DOI: 10.1016/j.envint.2013.03.009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2013.03.009>.

FAVERO, M.; SILVA, P.; FERREYRA, G. Trophic relationships between the kelp gull and the Antarctic limpet at King George Island (South Shetland Islands, Antarctica) during the breeding season. **Polar Biology**, [S. l.], v. 17, n. 5, p. 431–436, 1997. DOI: 10.1007/s003000050137.

FERNÍCOLA, N.A.G.G.; OLIVEIRA, S. S. No Title. **Centro de Recursos Naturais**, [S. l.], 2002.

FINKELSTEIN, M.; KEITT, B. S.; CROLL, D. A.; TERSHY, B.; JARMAN, W. M.; RODRIGUEZ- PASTOR, S.; ANDERSON, D. J.; SIEVERT, P. R.; SMITH, D. R. ALBATROSS SPECIES DEMONSTRATE REGIONAL DIFFERENCES IN NORTH PACIFIC MARINE CONTAMINATION. **Ecological Applications**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 678–686, 2006. DOI: 10.1890/1051-0761(2006)016[0678:ASDRDI]2.0.CO;2.

FUOCO, R.; CAPODAGLIO, G.; MUSCATELLO, B.; RADAELLI, M. **Persistent Organic Pollutants (POPs) in the Antarctic environment. A Review of Findings.** [s.l.: s.n.].

GASPARINI, J. L. **Ilha da Trindade e Arquipélago Martin Vaz: pedaços de Vitória no azul atlântico.** [s.l.: s.n.]. DOI: 10.1111/1468-2427.12031.

GÖKTAŞ, Recep Kaya; MACLEOD, Matthew. Remoteness from sources of persistent organic pollutants in the multi-media global environment. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 217, p. 33–41, 2016. DOI: 10.1016/j.envpol.2015.12.058.

GURUGE, K. S.; TANAKA, H.; TANABE, S. Concentration and toxic potential of polychlorinated biphenyl congeners in migratory oceanic birds from the North Pacific and the Southern Ocean. **Marine Environmental Research**, [S. l.], v. 52, n. 3, p. 271–288, 2001. DOI: 10.1016/S0141-1136(01)00099-X.

HALPERN, Benjamin S. et al. A global map of human impact on marine ecosystems. **Science**, [S. l.], v. 319, n. 5865, p. 948–952, 2008. DOI: 10.1126/science.1149345.

HAMMER, Sjurdur; NAGER, Ruedi G.; ALONSO, Sarah; MCGILL, Rona A. R.; FURNESS, Robert W.; DAM, Maria. Legacy Pollutants are Declining in Great Skuas (*Stercorarius skua*) but Remain Higher in Faroe Islands than in Scotland. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, [S. l.], v. 97, n. 2, p. 184–190, 2016. DOI: 10.1007/s00128-016-1856-x.

HARRISON, P. **Seabirds: An Identification Guide (Revised Edition).** [s.l.: s.n.]. v. 20 DOI: 10.1017/S0030605300026466. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0030605300026466/type/journal_article.

HAZIN, F. H. V.; VASKE, T.; OLIVEIRA, P. G.; MACENA, B. C. L.; CARVALHO, F. Occurrences of whale shark (*Rhincodon typus* Smith, 1828) in the Saint Peter and Saint Paul archipelago, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, [S. l.], v. 68, n. 2, p. 385–389, 2008. DOI: 10.1590/S1519-69842008000200021.

HBW AND BIRDLIFE INTERNATIONAL. Handbook of the Birds of the World and BirdLife International digital checklist of the birds of the world. **Version 2 Available at: http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/Species/Taxonomy/HBW-BirdLife_Checklist_Version_2.zip [xls zipped 1 MB].**, [S. l.], v. 1, n. June, 2017.

HECK, M.C.; COSTABEBER, I.; EMANUELLI, T. Aspectos farmacocinéticos e degradação no meio ambiente dos compostos organoclorados. **Bol. SBCTA**, [S. l.], v. 35, n. 1/2, p. 33–40, 2001.

HESKETT, Marvin et al. Measurement of persistent organic pollutants (POPs) in plastic resin pellets from remote islands: Toward establishment of background concentrations for International Pellet Watch. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 64, n. 2, p. 445–448, 2012. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.11.004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.11.004>.

HOBSON, Keith A. Reconstructing Avian Diets Using Stable-Carbon and Nitrogen Isotope Analysis of Egg Components: Patterns of Isotopic Fractionation and Turnover.

The Condor, [S. l.], v. 97, n. 3, p. 752–762, 1995. DOI: 10.2307/1369183.

HONG, Sang Hee; SHIM, Won Joon; HAN, Gi Myung; HA, Sung Yong; JANG, Mi; RANI, Manviri; HONG, Sunwook; YEO, Gwang Yeong. Levels and profiles of persistent organic pollutants in resident and migratory birds from an urbanized coastal region of South Korea. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 470–471, p. 1463–1470, 2014. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.07.089. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.089>.

HOOPMANN, Michael; ALBRECHT, Urs Vito; GIERDEN, Edith; HUPPMANN, René; SUCHENWIRTH, Roland. Time trends and individual characteristics associated with polybrominated diphenyl ethers in breast milk samples 2006–2009 in Lower Saxony, Germany. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, [S. l.], v. 215, n. 3, p. 352–359, 2012. DOI: 10.1016/j.ijheh.2011.08.019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.08.019>.

HUGHES, B. John; MARTIN, Graham R.; GILES, Anthony D.; REYNOLDS, S. James. Long-term population trends of Sooty Terns *Onychoprion fuscatus*: implications for conservation status. **Population Ecology**, [S. l.], v. 59, n. 3, p. 213–224, 2017. DOI: 10.1007/s10144-017-0588-z.

IKONOMOU, Michael G.; RAYNE, Sierra; ADDISON, Richard F. Exponential increases of the brominated flame retardants, polybrominated diphenyl ethers, in the Canadian Arctic from 1981 to 2000. **Environmental Science and Technology**, [S. l.], v. 36, n. 9, p. 1886–1892, 2002. DOI: 10.1021/es011401x.

INMETRO. Doq-Cgcre-008 - Orientação sobre validação de métodos analíticos. **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia**, [S. l.], p. 31, 2016.

INOMATA, Odete N. K.; MONTONE, R. C.; LARA, W. H.; WEBER, R. R.; TOLEDO, H. H. B. Tissue distribution of organochlorine residues – PCBs and pesticides – in Antarctic penguins. **Antarctic Science**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 253–255, 1996. DOI: 10.1017/s0954102096000351.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Livro Vermelho Da Fauna Brasileira Ameaçada De Extinção**. [s.l.: s.n.]. v. I

ISLAM, Md Shahidul; TANAKA, Masaru. Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: A review and synthesis. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 48, n. 7–8, p. 624–649, 2004. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2003.12.004.

JASPERS, V. L. B.; VOORSPOELS, S.; COVACI, A.; LEPOINT, G.; EENS, M. Evaluation of the usefulness of bird feathers as a non-destructive biomonitoring tool for organic pollutants: A comparative and meta-analytical approach. **Environment International**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 328–337, 2007. DOI: 10.1016/j.envint.2006.11.011.

JONES, K. C.; DE VOOGT, P. Persistent organic pollutants (POPs): state of the science. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 100, n. 1–3, p. 209–221, 1999. DOI: 10.1016/S0269-7491(99)00098-6. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749199000986>.

KELLY, Jeffrey F. Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. **Canadian Journal of Zoology**, [S. l.], v. 78, n. 1, p. 1–27, 2000. DOI: 10.1139/cjz-78-1-1.

KRÜGER, Lucas; PAIVA, Vitor H.; COLABUONO, Fernanda I.; PETRY, Maria V.; MONTONE, Rosalinda C.; RAMOS, Jaime A. Year-round spatial movements and trophic ecology of Trindade Petrels (*Pterodroma arminjoniana*). **Journal of Field Ornithology**, [S. l.], v. 87, n. 4, p. 404–416, 2016. DOI: 10.1111/jof.12175.

KUNISUE, Tatsuya; WATANABE, Mafumi; SUBRAMANIAN, Annamalai; SETHURAMAN, Alagappan; TITENKO, Alexei M.; QUI, Vo; PRUDENTE, Maricar; TANABE, Shinsuke. Accumulation features of persistent organochlorines in resident and migratory birds from Asia. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 125, n. 2, p. 157–172, 2003. DOI: 10.1016/S0269-7491(03)00074-5.

LEAT, Eliza H. K. et al. Effects of environmental exposure and diet on levels of persistent organic pollutants (POPs) in eggs of a top predator in the North Atlantic in 1980 and 2008. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 159, n. 5, p. 1222–1228, 2011. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.01.036.

LEITE, T. S.; HAIMOVICI, M.; MOLINA, W.; WARNKE, K. MORPHOLOGICAL AND GENETIC DESCRIPTION OF OCTOPUS INSULARIS, A NEW CRYPTIC SPECIES IN THE OCTOPUS VULGARIS COMPLEX (CEPHALOPODA : OCTOPODIDAE) FROM THE TROPICAL SOUTHWESTERN ATLANTIC Collection sites. [S. l.], p. 63–74, 2008. DOI: 10.1093/mollus/eym050.

LEWIS, S. A.; BECKER, P. H. M E R C U R Y LEVELS IN EGGS , TISSUES , A N D FEATHERS OF HERRING GULLS *Larus argentatus* FROM THE G E R M A N W A D D E N SEA COAST. [S. l.], v. 80, p. 293–299, 1993.

LI, Jun; LI, Qilu; GIOIA, Rosalinda; ZHANG, Yanlin; ZHANG, Gan; LI, Xiangdong; SPIRO, Baruch; BHATIA, Ravinder S.; JONES, Kevin C. PBDEs in the atmosphere over the Asian marginal seas, and the Indian and Atlantic oceans. **Atmospheric Environment**, [S. l.], v. 45, n. 37, p. 6622–6628, 2011. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2011.09.010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.09.010>.

LUIGI, GIOVANNINI; BUGONI, LEANDRO; FONSECA-NETO, FRANCISCO PEDRO; TEIXEIRA, Dante M. Biologia e Conservação do Petrel-de-Trindade *Pterodroma arminjoniana* (Aves: Procellariidae) na Ilha de Trindade, Atlântico sul, Brasil. In: **MOHR, L. V. et al. Ilhas Oceânicas Brasileiras: da Pesquisa ao Manejo**. Brasília: MMA/Secretaria da Biodiversidade e Florestas – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2009. v. Iip. 223–263.

LYNCH, Heather J.; FAGAN, William F.; NAVEEN, Ron. Population trends and reproductive success at a frequently visited penguin colony on the western Antarctic Peninsula. **Polar Biology**, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 493–503, 2010. DOI: 10.1007/s00300-009-0726-y.

LYNCH, Heather J.; NAVEEN, Ron; TRATHAN, Philip N.; FAGAN, William F. Spatially integrated assessment reveals widespread changes in penguin populations on

the Antarctic Peninsula. **Ecology**, [S. l.], v. 93, n. 6, p. 1367–1377, 2012. DOI: 10.1890/11-1588.1.

MACLEOD, William D.; BROWN, Donald D.; FRIEDMAN, Andrew J.; BURROWS, Douglas G.; MAYNES, Orlando; PEARCE, Ronald W.; WIGREN, Catherine A.; BOGAR, Richard G. NOAA Technical Memorandum NMFS F / NWC-92 Standard Analytical Procedures of the NOAA National Analytical Facility. [S. l.], n. October 1985, p. 120, 1986.

MAERVOET, J.; CHU, S. G.; DE VOS, S.; COVACI, A.; VOORSPOELS, S.; DE SCHRIJVER, R.; SCHEPENS, P. Accumulation and tissue distribution of selected polychlorinated biphenyl congeners in chickens. **Chemosphere**, [S. l.], v. 57, n. 1, p. 61–66, 2004. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2004.06.015.

MANN, REINER M.; VIJVER, MARTINA G.; PEIJNENBUND, Willie J. G. M. Metals and Metalloids in Terrestrial Systems: Bioaccumulation, Biomagnification and Subsequent Adverse Effects. In: M. MANN, Reinier (org.). **Ecological Impacts of Toxic Chemicals (Open Access)**. [s.l.] : BENTHAM SCIENCE PUBLISHERS, 2011. p. 43–62. DOI: 10.2174/978160805121210043. Disponível em: <http://www.benthamdirect.org/pages/content.php?9781608051212/2011/00000001/00000001/0043.SGM>.

MCDONALD, Thomas A. A perspective on the potential health risks of PBDEs. **Chemosphere**, [S. l.], v. 46, n. 5, p. 745–755, 2002. DOI: 10.1016/S0045-6535(01)00239-9.

MELINA MARTHA BAUMGARTEN. **Estudo Genético-Populacional em Atobás (Pelecaniformes, Aves) da Costa Brasileira**. 2003. Universidade de São Paulo, [S. l.], 2003.

MITCHELL D. ERICKSON. **Analytical Chemistry of PCBs, Second Edition**. Butterworth Publishers. Stoneham, Massachusetts.: Routledge, 1997. DOI: 10.1201/9781315137452. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781315137452>.

MOHR, Leonardo Vianna; ALENCAR, João Wagner; SANTOS, Castro Paulo Márcio; COSTA, Ruy José. **Ilhas oceânicas brasileiras**: [s.l.: s.n.]. v. II

MOISEY, John; FISK, Aaron T.; HOBSON, Keith A.; NORSTROM, Ross J. Hexachlorocyclohexane (HCH) isomers and chiral signatures of α -HCH in the arctic marine food web of the Northwater Polynya. **Environmental Science and Technology**, [S. l.], v. 35, n. 10, p. 1920–1927, 2001. DOI: 10.1021/es001740a.

MONTONE, Rosalinda C.; TANIGUCHI, Satie; COLABUONO, Fernanda I.; MARTINS, César C.; CIPRO, Caio Vinícius Z.; BARROSO, Hileia S.; DA SILVA, Josilene; BÍCEGO, Márcia C.; WEBER, Rolf R. Persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons in penguins of the genus *Pygoscelis* in Admiralty Bay - An Antarctic specially managed area. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 106, n. 1–2, p. 377–382, 2016. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.02.047. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.02.047>.

MOORS, PJ. Southern Great Skuas on Antipodes Island, New Zealand: observations on

foods, breeding and growth of chicks. **Notornis**, [S. l.], v. 27, n. June, p. 133–146, 1980.

MORRISSEY, Christy A.; ELLIOTT, John E.; ORMEROD, Stephen J. Diet shifts during egg laying: Implications for measuring contaminants in bird eggs.

Environmental Pollution, [S. l.], v. 158, n. 2, p. 447–454, 2010. DOI: 10.1016/j.envpol.2009.08.040. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2009.08.040>.

MOTOKI, Akihisa; SICHEL, Susanna Eleonora; CAMPOS, Thomas Ferreira da Costa; SRIVASTAVA, Narendra Kumar; SOARES, Rodrigo. Taxa de soerguimento atual do arquipélago de São Pedro e São Paulo, Oceano Atlântico Equatorial. **Revista Escola de Minas**, [S. l.], v. 62, n. 3, p. 331–342, 2009. DOI: 10.1590/s0370-44672009000300011.

MUÑOZ, Cynthia C.; VERMEIREN, Peter. Maternal Transfer of Persistent Organic Pollutants to Sea Turtle Eggs: A Meta-Analysis Addressing Knowledge and Data Gaps Toward an Improved Synthesis of Research Outputs. **Environmental Toxicology and Chemistry**, [S. l.], v. 39, n. 1, p. 9–29, 2020. DOI: 10.1002/etc.4585. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/etc.4585>.

MURPHY, ROBERT CUSHMAN; PENNOYER, JESSIE M. Larger Petrels of the Genus Pterodroma. **American Museum Novitates**, [S. l.], v. 1580, n. 1580, p. 1–8, 1952.

NAVES, Liliana Coelho; BRUSQUE, Luciano Ferreira; VOOREN, Carolus Maria. Feeding ecology of *Sula leucogaster*, *Anous stolidus* and *Anous minutus* at Saint Peter and Saint Paul's Rocks, Brazil. **Ararajuba**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 21–30, 2002.

NOGUÉ, Sandra; DE NASCIMENTO, Lea; FROYD, Cynthia A.; WILMSHURST, Janet M.; DE BOER, Erik J.; COFFEY, Emily E. D.; WHITTAKER, Robert J.; FERNÁNDEZ-PALACIOS, José María; WILLIS, Kathy J. Island biodiversity conservation needs palaeoecology. **Nature Ecology and Evolution**, [S. l.], v. 1, n. 7, p. 1–9, 2017. DOI: 10.1038/s41559-017-0181. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-017-0181>.

NORSTROM, Ross J.; HALLETT, Douglas J.; ONUSKA, Frank I.; COMBA, Michael E. Mirex and Its Degradation Products in Great Lakes Herring Gulls. **Environmental Science and Technology**, [S. l.], v. 14, n. 7, p. 860–866, 1980. DOI: 10.1021/es60167a004.

PANDIT, G. G.; MOHAN RAO, A. M.; JHA, S. K.; KRISHNAMOORTHY, T. M.; KALE, S. P.; RAGHU, K.; MURTHY, N. B. K. Monitoring of organochlorine pesticide residues in the Indian marine environment. **Chemosphere**, [S. l.], v. 44, n. 2, p. 301–305, 2001. DOI: 10.1016/S0045-6535(00)00179-X.

PAULAY, Gustav. Biodiversity on oceanic islands: Its origin and extinction. **Integrative and Comparative Biology**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 134–144, 1994. DOI: 10.1093/icb/34.1.134.

PAUWELS, A.; WELLS, D. A.; COVACI, A.; SCHEPENS, P. J. C. Improved sample preparation method for selected persistent organochlorine pollutants in human serum using solid-phase disk extraction with gas chromatographic analysis. **Journal of**

Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications, [S. l.], v. 723, n. 1–2, p. 117–125, 1999. DOI: 10.1016/S0378-4347(98)00493-9.

PEARCE, P. A.; ELLIOTT, J. E.; PEAKALL, D. B.; NORSTROM, R. J. Organochlorine contaminants in eggs of seabirds in the Northwest Atlantic, 1968-1984. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 56, n. 3, p. 217–235, 1989. DOI: 10.1016/0269-7491(89)90039-0.

PEREIRA, Alexandre Leandro; BENEDITO, Evanilde. Isótopos estáveis em estudos ecológicos : métodos , aplicações e perspectivas. [S. l.], n. January, 2008.

PETERSON, B. J.; FRY, B. Stable isotopes in ecosystem studies. **Annual review of ecology and systematics**. Vol. 18, [S. l.], p. 293–320, 1987. DOI: 10.1146/annurev.es.18.110187.001453.

PHILLIPS, R. A.; PHALAN, B.; FORSTER, I. P. Diet and long-term changes in population size and productivity of brown skuas *Catharacta antarctica lonnbergi* at Bird Island, South Georgia. **Polar Biology**, [S. l.], v. 27, n. 9, p. 555–561, 2004. DOI: 10.1007/s00300-004-0633-1.

PIERCE, Assessment. Rhincodon typus , Whale Shark. [S. l.], v. 8235, 2016.

PIETZ, Pamela J. Feeding and Nesting Ecology of Sympatric South Polar and Brown Skuas. **The Auk**, [S. l.], v. 104, n. 4, p. 617–627, 1987. DOI: 10.1093/auk/104.4.617. Disponível em: <https://academic.oup.com/auk/article/104/4/617/5184984>.

PINGUINHAS, Manuel. A pale morph Trindade Petrel in the Azores. *In*: **Birding World**. [s.l: s.n.]. v. 19p. 210–211.

PINHEIRO, Hudson T.; MAZZEI, Eric; MOURA, Rodrigo L.; AMADO-FILHO, Gilberto M.; FERREIRA, Carlos Eduardo L.; FLOETER, Sergio R.; FRANCINI-FILHO, Ronaldo B. Fish Biodiversity of the Vitória-Trindade Seamount Chain , Southwestern Atlantic : An Updated Database. [S. l.], p. 1–17, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0118180.

PNUMA. Evaluación regional sobre sustancias tóxicas persistentes: informe regional de sudamérica oriental y occidental. *In*: **Programa de Las Naciones Unidas para el Medio Ambiente**. Suíça: UNEP, 2002.

POLITO, Michael J.; FISHER, Stephanie; TOBIAS, Craig R.; EMSLIE, Steven D. Tissue-specific isotopic discrimination factors in gentoo penguin (*Pygoscelis papua*) egg components: Implications for dietary reconstruction using stable isotopes. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, [S. l.], v. 372, n. 1–2, p. 106–112, 2009. DOI: 10.1016/j.jembe.2009.02.014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2009.02.014>.

PUGH, P. J. A.; CONVEY, P. Surviving out in the cold: Antarctic endemic invertebrates and their refugia. **Journal of Biogeography**, [S. l.], v. 35, n. 12, p. 2176–2186, 2008. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2008.01953.x.

QUADRI ADROGUÉ, Agustina; MIGLIORANZA, Karina S. B.; COPELLO, Sofía; FAVERO, Marco; SECO PON, Juan P. Pelagic seabirds as biomonitors of persistent organic pollutants in the Southwestern Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v.

149, n. August, p. 110516, 2019. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.110516. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110516>.

R. B. CLARK. **Marine Pollution**. [s.l.] : Oxford University Press; 5 edition (1600), 2001.

RAMOS, Raül et al. It is the time for oceanic seabirds : Tracking year- - round distribution of gadfly petrels across the Atlantic Ocean. [*S. l.*], p. 794–805, 2017. DOI: 10.1111/ddi.12569.

RAMOS, Raül; GONZÁLEZ-SOLÍS, Jacob. Trace me if you can: The use of intrinsic biogeochemical markers in marine top predators. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [*S. l.*], v. 10, n. 5, p. 258–266, 2012. DOI: 10.1890/110140.

RIBANI, Marcelo; GRESPAN BOTTOLI, Carla Beatriz; COLLINS, Carol H.; FONTES JARDIM, Isabel Cristina Sales; COSTA MELO, Lúcio Flávio. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Química Nova**, [*S. l.*], v. 27, n. 5, p. 771–780, 2004. DOI: 10.1590/S0100-40422004000500017.

RIOS, Lorena M.; MOORE, Charles; JONES, Patrick R. Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. **Marine Pollution Bulletin**, [*S. l.*], v. 54, n. 8, p. 1230–1237, 2007. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2007.03.022.

RISEBROUGH, R. W.; WALKER, W.; SCHMIDT, T. T.; DE LAPPE, B. W.; CONNORS, C. W. Transfer of chlorinated biphenyls to Antarctica. **Nature**, [*S. l.*], v. 264, n. 5588, p. 738–739, 1976. DOI: 10.1038/264738a0.

RITTER, L.; SOLOMON, K. ..; FORGET, J. Persistent Organic Pollutants - An Assessment Report on: DDT-Aldrin-Dieldrin-Endrin-Chlordane-Heptachlor-Heptachlorobenzene-Mirex-Tozapene-Polychlorinated Biphenyls-Dioxins and Furans. **Chemosphere**, [*S. l.*], p. 43 pp., 2011. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.09.039. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22018961>.

RITZ, Markus S.; HAHN, Steffen; JANICKE, Tim; PETER, Hans Ulrich. Hybridisation between South polar skua (*Catharacta maccormicki*) and Brown skua (*C. antarctica lonnbergi*) in the Antarctic Peninsula region. **Polar Biology**, [*S. l.*], v. 29, n. 3, p. 153–159, 2006. DOI: 10.1007/s00300-005-0034-0.

RITZ, Markus S.; MILLAR, Craig; MILLER, Gary D.; PHILLIPS, Richard A.; RYAN, Peter; STERNKOPF, Viviane; LIEBERS-HELBIG, Dorit; PETER, Hans Ulrich. Phylogeography of the southern skua complex-rapid colonization of the southern hemisphere during a glacial period and reticulate evolution. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, [*S. l.*], v. 49, n. 1, p. 292–303, 2008. DOI: 10.1016/j.ympev.2008.07.014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2008.07.014>.

ROBERTO CAVALCANTI BARBOSA FILHO. Abundância, estrutura etária e reprodução do Atobá-Marrom (*Sula leucogaster*) no arquipélago de São Pedro e São Paulo. **Dissertação (Mestrado em Ciências - Área de concentração: Oceanografia Biológica)**, [*S. l.*], n. Instituto de Oceanografia-Universidade Federal do Rio Grande, p. 146, 2004.

- RÜCKAMP, M.; BRAUN, M.; SUCKRO, S.; BLINDOW, N. Observed glacial changes on the King George Island ice cap , Antarctica , in the last decade. **Global and Planetary Change**, [S. l.], v. 79, n. 1–2, p. 99–109, 2011. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2011.06.009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.06.009>.
- SANPERA, Carolina; MORENO, Rocío; RUIZ, Xavier; JOVER, Lluís. Audouin's gull chicks as bioindicators of mercury pollution at different breeding locations in the western Mediterranean. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 54, n. 6, p. 691–696, 2007. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2007.01.016.
- SAVIGNY, Christian; CAILLE, Guillermo; GONZÁLEZ, Raúl; GUILLERMO, Harris. The Trinidad Petrel (*Pterodroma arminjoniana*) at Golfo San Matías: a new species for Argentina. **El hornero**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 183–186, 2005.
- SCHANTZ, Michele M.; PARRIS, Reenie M.; KURZ, Joachim; BALLSCHMITER, Karlheinz; WISE, Stephen A. Comparison of methods for the gas-chromatographic determination of PCB congeners and chlorinated pesticides in marine reference materials. **Fresenius' Journal of Analytical Chemistry**, [S. l.], v. 346, n. 6–9, p. 766–778, 1993. DOI: 10.1007/BF00321288.
- SCHEUHAMMER, Anton M.; MEYER, Michael W.; SANDHEINRICH, Mark B.; MURRAY, Michael W. Effects of environmental methylmercury on the health of wild birds, mammals, and fish. **Ambio**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. 12–18, 2007. DOI: 10.1579/0044-7447(2007)36[12:EOEMOT]2.0.CO;2.
- SCHIAVONE, Alessandra; CORSOLINI, Simonetta; BORGHESI, Nicoletta; FOCARDI, Silvano. Contamination profiles of selected PCB congeners, chlorinated pesticides, PCDD/Fs in Antarctic fur seal pups and penguin eggs. **Chemosphere**, [S. l.], v. 76, n. 2, p. 264–269, 2009. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2009.03.007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.03.007>.
- SHANK, Christopher C. The Skuas, By Robert W. Furness. [S. l.], p. 321–322, 1988.
- SIDDIQI, Muhammad Akmal; CLINIC, Marshfield. New Pollutants – Old Diseases. **Clinical Medicine**, [S. l.], v. 1, n. 4, p. 281–290, 2003. DOI: 10.3121/cmr.1.4.281.
- SMITH, C. Pesticide exports from U.S. ports, 1997-2000. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 266–274, 2001. DOI: 10.1179/oeh.2001.7.4.266.
- SÖDERSTRÖM, Gunilla; SELLSTRÖM, Ulla; DE WIT, Cynthia A.; TYSKLIND, Mats. Photolytic Debromination of Decabromodiphenyl Ether (BDE 209). **Environmental Science and Technology**, [S. l.], v. 38, n. 1, p. 127–132, 2004. DOI: 10.1021/es034682c.
- STEIG, Eric J.; SCHNEIDER, David P.; RUTHERFORD, Scott D.; MANN, Michael E.; COMISO, Josefino C.; SHINDELL, Drew T. Warming of the Antarctic ice-sheet surface since the 1957 International Geophysical Year. **Nature**, [S. l.], v. 457, n. 7228, p. 459–462, 2009. DOI: 10.1038/nature07669.
- STICKEL, William H.; STICKEL, Lucille F.; DYRLAND, Russell A.; HUGHES,

Donald L. Aroclor 1254® residues in birds: Lethal levels and loss rates. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 7–13, 1984. DOI: 10.1007/BF01055641.

SULTAN, Charles; BALAGUER, Patrick; TEROUANNE, Béatrice; GEORGET, Virginie; PARIS, Françoise; JEANDEL, Claire; LUMBROSO, Serge; NICOLAS, Jean Claude. Environmental xenoestrogens, antiandrogens and disorders of male sexual differentiation. **Molecular and Cellular Endocrinology**, [S. l.], v. 178, n. 1–2, p. 99–105, 2001. DOI: 10.1016/S0303-7207(01)00430-0.

TANABE, Shinsuke. PBDEs, an emerging group of persistent pollutants. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 49, n. 5–6, p. 369–370, 2004. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2004.07.015.

TANIGUCHI, Satie; MONTONE, Rosalinda C.; BÍCEGO, Márcia C.; COLABUONO, Fernanda Imperatrice; WEBER, Rolf Roland; SERICANO, Jose L. Chlorinated pesticides, polychlorinated biphenyls and polycyclic aromatic hydrocarbons in the fat tissue of seabirds from King George Island, Antarctica. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 58, n. 1, p. 129–133, 2009. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2008.09.026.

TERSHEY, Bernie R.; SHEN, Kuo Wei; NEWTON, Kelly M.; HOLMES, Nick D.; CROLL, Donald A. The importance of islands for the protection of biological and linguistic diversity. **BioScience**, [S. l.], v. 65, n. 6, p. 592–597, 2015. DOI: 10.1093/biosci/biv031.

TRATHAN, P. N.; FORCADA, J.; ATKINSON, R.; DOWNIE, R. H.; SHEARS, J. R. Population assessments of gentoo penguins (*Pygoscelis papua*) breeding at an important Antarctic tourist site, Goudier Island, Port Lockroy, Palmer Archipelago, Antarctica. **Biological Conservation**, [S. l.], v. 141, n. 12, p. 3019–3028, 2008. DOI: 10.1016/j.biocon.2008.09.006.

TRAVASSOS, Paulo; HAZIN, Fábio H. V.; ZAGAGLIA, Juliana R.; ADVÍNCULA, Romero; SCHOBER, Juliana. Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**, [S. l.], v. 47, n. 2–3, p. 211–222, 1999.

TRIVELPIECE, Wayne Z.; HINKE, Jefferson T.; MILLER, Aileen K.; REISS, Christian S.; TRIVELPIECE, Susan G.; WATTERS, George M. Variability in krill biomass links harvesting and climate warming to penguin population changes in Antarctica. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [S. l.], v. 108, n. 18, p. 7625–7628, 2011. DOI: 10.1073/pnas.1016560108.

TSYGANKOV VY, YARYGINA MV, LUKYANOVA ON, BOYAROVA MD, EROFEEVA NI, GAMOVA SV, GUMOVSKIY AN, KIKU PF. TRACE CONCENTRATIONS OF ORGANOCHLORINE COMPOUNDS IN BIOLOGICAL LIQUIDS OF THE RUSSIAN FAR EAST RESIDENTS. **Human Ecology**, [S. l.], p. 15–19, 2019. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-1-15-19. Disponível em: http://hum-ecol.ru/?page_id=104.

VAN DEN BRINK, Nico W.; RIDDLE, Martin J.; VAN DEN HEUVEL-GREVE, Martine; VAN FRANEKER, Jan Andries. Contrasting time trends of organic

contaminants in Antarctic pelagic and benthic food webs. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 62, n. 1, p. 128–132, 2011. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2010.09.002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.09.002>.

VASKE, Teodoro; LESSA, R. P.; DE NÓBREGA, M.; MONTEALEGRE-QUIJANO, S.; MARCANTE SANTANA, F.; BEZERRA, J. L. A checklist of fishes from Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 75–79, 2005. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2004.00600.x.

VASSEUR, Paule; COSSU-LEGUILLE, Carole. Linking molecular interactions to consequent effects of persistent organic pollutants (POPs) upon populations.

Chemosphere, [S. l.], v. 62, n. 7, p. 1033–1042, 2006. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2005.05.043.

VIANA, Danielle de Lima et al. O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica. **O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica**, [S. l.], n. July 2009, p. 348, 2009.

VIANA, Danielle de Lima; HAZIN, Fábio; OLIVEIRA, Jorge Eduardo Lins De; SOUZA, Marco Antonio Carvalho De. **Arquipélago de São Pedro e São Paulo: O Brasil no meio do Atlântico**. [s.l.: s.n.]. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004.

VORKAMP, Katrin; CHRISTENSEN, Jan H.; RIGET, Frank. Polybrominated diphenyl ethers and organochlorine compounds in biota from the marine environment of East Greenland. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 331, n. 1–3, p. 143–155, 2004. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2004.03.026.

VOTIER, Stephen C.; BEARHOP, Stuart; FURNESS, Robert W. The first record of Brown Skua *Catharacta antarctica* in Europe The first record of Brown Skua *Catharacta antarctica* in Europe. [S. l.], n. April 2018, 2004. DOI: 10.1111/j.1474-919X.2004.00234.x.

WADE, Terry L.; CANTILLO, Adriana Y. Use of standards and reference materials in the measurement of chlorinated hydrocarbon residues. **Chemistry Workbook. NOAA Technical Memorandum NOS ORCA**, [S. l.], v. 77, n. January 1994, p. 59, 1994. Disponível em: http://www.jodc.go.jp/info/ioc_doc/Technical/103571e.pdf.

WALKER, C. H. Persistent pollutants in fish-eating sea birds - bioaccumulation, metabolism and effects. **Aquatic Toxicology**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 293–324, 1990. DOI: 10.1016/0166-445X(90)90014-G.

WANIA, Frank; MACKAY, Donald. **Tracking the distribution of persistent organic pollutants: Control Strategies for these contaminants will require a better understanding of how they move around the globe** *Environmental science & technology*, 1996. a. DOI: 10.1016/S0926-3373(97)80026-4.

WANIA, Frank; MACKAY, Donald. Tracking the distribution of persistent organic pollutants. **Environmental Science and Technology**, [S. l.], v. 30, n. 9, 1996. b. DOI: 10.1016/s0926-3373(97)80026-4.

WASSENAAR, Leonard I.; HOBSON, Keith A. Natal origins of migratory monarch butterflies at wintering colonies in Mexico: New isotopic evidence. **Proceedings of the**

National Academy of Sciences of the United States of America, [S. l.], v. 95, n. 26, p. 15436–15439, 1998. DOI: 10.1073/pnas.95.26.15436.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification. [S. l.], p. 78, 2009.

WILLIAMS, Caroline. Combatting marine pollution from land-based activities: Australian initiatives. **Ocean and Coastal Management**, [S. l.], v. 33, n. 1–3, p. 87–112, 1996. DOI: 10.1016/S0964-5691(96)00046-4.

WOODS, R.; JONES, H. I.; WATTS, J.; MILLER, G. D.; SHELLAM, G. R. Diseases of Antarctic Seabirds. [S. l.], 2000. DOI: 10.1007/978-3-540-93923-8.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Lindane (Gamma-HCH) Health and Safety guide. **International Programme on Chemical Safety (IPCS)**, [S. l.], n. 54, p. 1–44, 1991.

YAMASHITA, Rei et al. Global Monitoring of Persistent Organic Pollutants (POPs) Using Seabird Preen Gland Oil. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, [S. l.], v. 75, n. 4, p. 545–556, 2018. a. DOI: 10.1007/s00244-018-0557-3. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0557-3>.

YAMASHITA, Rei et al. Global Monitoring of Persistent Organic Pollutants (POPs) Using Seabird Preen Gland Oil. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, [S. l.], v. 75, n. 4, p. 545–556, 2018. b. DOI: 10.1007/s00244-018-0557-3.

YOGUI, G. T.; SERICANO, J. L. Levels and pattern of polybrominated diphenyl ethers in eggs of Antarctic seabirds: Endemic versus migratory species. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 157, n. 3, p. 975–980, 2009. DOI: 10.1016/j.envpol.2008.10.016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2008.10.016>.

YOGUI, Gilvan Takeshi. Ocorrência de compostos organoclorados (pesticidas e PCBs) em mamíferos marinhos da costa de São Paulo (Brasil) e da Ilha Rei George (Antártica). [S. l.], p. 139, 2002.

YORIO, Pablo Martín; BERTELLOTTI, Néstor Marcelo. Espectro trófico de la Gaviota Cocinera (*Larus dominicanus*) en tres áreas protegidas de Chubut, Argentina. [S. l.], n. January, 2002.

ZHANG, Hai Sheng; WANG, Zi Pan; LU, Bing; ZHU, Chun; WU, Guang Hai; WALTER, Vetter. Occurrence of organochlorine pollutants in the eggs and dropping-amended soil of Antarctic large animals and its ecological significance. **Science in China, Series D: Earth Sciences**, [S. l.], v. 50, n. 7, p. 1086–1096, 2007. DOI: 10.1007/s11430-007-0021-0.

7. ANEXOS

Concentrações de PCBs em ovos de *Pygocelis Papua* da Ilha Rei George (Continua)

Compostos	papua 1	papua 2	papua 3	papua 4	papua 5	papua 6	papua 7	papua 8	papua 9	papua 10	papua 11	papua 12	papua 13	papua 14
PCB 8	0,004	0,005	0,004	0,013	0,012	0,009	0,012	0,011	0,016	0,016	0,009	0,007	0,008	0,006
PCB 18	0,008	0,012	0,005	0,019	0,028	0,015	0,016	0,017	0,019	0,020	0,014	0,012	0,007	0,002
PCB 28 e 31	0,052	0,073	0,046	0,095	0,182	0,084	0,080	0,102	0,092	0,124	0,108	0,092	0,110	0,049
PCB 33	0,013	0,020	0,012	0,023	0,106	0,016	0,023	0,023	0,027	0,043	0,025	0,012	0,034	0,010
PCB 52	0,022	0,029	0,012	0,050	0,356	0,045	0,030	0,037	0,022	0,044	0,024	0,026	0,032	0,026
PCB 49	0,008	0,011	0,002	0,026	0,145	0,016	0,013	0,017	0,014	0,024	0,012	0,012	0,028	0,012
PCB 44	0,031	0,043	0,018	0,065	0,462	0,032	0,018	0,024	0,009	0,033	0,019	0,001	0,024	0,029
PCB 74	0,070	0,113	0,078	0,098	0,244	0,094	0,085	0,129	0,095	0,136	0,136	0,104	0,143	0,065
PCB 70	0,055	0,074	0,031	0,071	0,613	0,074	0,053	0,082	0,042	0,079	0,077	0,065	0,084	0,049
PCB 66	0,077	0,122	0,071	0,106	0,259	0,077	0,065	0,116	0,101	0,137	0,120	0,084	0,103	0,051
PCB 56 e 60	0,016	0,037	0,018	0,042	0,256	0,029	0,015	0,043	0,032	0,051	0,035	0,018	0,069	0,021
PCB 81	0,003	0,003	0,003	0,005	0,004	0,004	0,002	0,004	0,005	0,008	0,008	0,002	0,011	0,002
PCB 77	0,045	0,309	0,330	0,300	0,066	0,385	0,311	0,241	0,234	0,335	0,356	0,299	0,326	0,368
PCB 95	0,037	0,048	0,019	0,054	0,524	0,039	0,020	0,055	0,026	0,061	0,043	0,027	0,041	0,041
PCB 101	0,006	0,032	0,008	0,043	0,564	0,035	0,010	0,033	0,007	0,046	0,039	0,016	0,034	0,036

Compostos	papua 1	papua 2	papua 3	papua 4	papua 5	papua 6	papua 7	papua 8	papua 9	papua 10	papua 11	papua 12	papua 13	papua 14
PCB 99	0,122	0,229	0,138	0,177	0,332	0,151	0,142	0,211	0,218	0,266	0,245	0,201	0,210	0,115
PCB 97	0,003	0,005	0,003	0,005	0,201	LQM	0,012	0,003	0,005	0,003	0,005	0,011	0,021	0,001
PCB 87	0,009	0,016	LQM	0,012	0,187	0,014	0,005	0,019	0,013	0,026	0,018	0,007	0,015	0,010
PCB 110	0,021	0,012	0,002	0,033	0,774	0,033	0,011	0,025	LQM	0,029	0,027	0,006	0,029	0,052
PCB 123	0,039	0,086	0,051	0,040	0,043	0,047	0,037	0,072	0,069	0,076	0,086	0,069	0,037	0,037
PCB 118	0,301	0,495	0,335	0,429	0,020	0,025	0,366	0,565	0,481	0,713	0,006	0,467	0,573	0,022
PCB 114	0,011	0,019	0,014	0,021	0,031	0,021	0,017	0,030	0,029	0,053	0,040	0,021	0,064	0,017
PCB 105	0,223	0,377	0,255	0,304	0,389	0,277	0,243	0,365	0,318	0,473	0,398	0,315	0,348	0,206
PCB 126	0,028	0,137	0,141	0,153	0,020	0,134	0,156	0,145	0,139	0,209	0,207	0,150	0,197	0,153
PCB 151	0,006	0,010	0,008	0,011	0,030	0,009	0,006	0,014	0,014	0,023	0,013	0,009	0,028	0,006
PCB 149	0,038	0,059	0,034	0,058	0,246	0,044	0,038	0,069	0,068	0,106	0,073	0,047	0,087	0,044
PCB 153	0,702	1,304	1,051	1,141	0,803	0,818	0,952	1,583	1,477	1,888	2,163	1,154	1,530	0,908
PCB 132	0,669	1,229	0,989	1,077	0,070	0,771	0,895	1,484	1,377	1,761	2,020	1,088	1,432	0,848
PCB 141	0,008	0,011	0,008	0,016	0,051	0,012	0,009	0,020	0,025	0,041	0,020	0,014	0,046	0,011
PCB 138	0,683	1,202	0,957	1,037	0,904	0,852	0,854	1,360	1,433	1,510	1,480	1,186	1,178	0,661

PCBs	papua 1	papua 2	papua 3	papua 4	papua 5	papua 6	papua 7	papua 8	papua 9	papua 10	papua 11	papua 12	papua 13	papua 14
PCB 158	0,512	1,000	0,716	0,781	0,698	0,648	0,644	1,023	1,088	1,345	1,251	0,894	0,894	0,609
PCB128 167	0,255	1,442	1,456	1,203	0,218	1,294	1,293	1,394	1,260	1,505	1,793	1,357	1,182	1,707
PCB 156	0,120	0,639	0,703	0,590	0,101	0,584	0,633	0,676	0,580	0,770	0,874	0,602	0,676	0,745
PCB 157	0,024	0,116	0,127	0,142	0,025	0,125	0,135	0,158	0,134	0,213	0,189	0,136	0,179	0,152
PCB 169	0,018	0,031	0,023	0,042	0,017	0,026	0,031	0,055	0,046	0,075	0,066	0,041	0,079	0,022
PCB 187	0,103	0,220	0,142	0,168	0,098	0,138	0,137	0,204	0,257	0,299	0,241	0,209	0,223	0,114
PCB 183	0,055	0,107	0,087	0,101	0,062	0,065	0,078	0,144	0,146	0,184	0,182	0,099	0,165	0,076
PCB 174	0,009	0,013	0,012	0,019	0,024	0,015	0,011	0,021	0,028	0,045	0,021	0,014	0,049	0,011
PCB 177	0,017	0,036	0,024	0,032	0,025	0,027	0,023	0,035	0,050	0,074	0,041	0,034	0,069	0,020
PCB 180	0,364	0,639	0,572	0,674	0,389	0,441	0,583	1,052	0,866	1,115	1,336	0,652	1,039	0,518
PCB 170	0,021	0,122	0,157	0,078	0,062	0,101	0,080	0,018	0,003	0,025	0,026	0,042	0,018	0,201
PCB 189	0,007	0,011	0,008	0,024	0,008	0,010	0,012	0,027	0,023	0,044	0,027	0,011	0,042	0,010
PCB 203	0,038	0,261	0,346	0,322	0,043	0,280	0,327	0,397	0,309	0,385	0,466	0,272	0,379	0,382
PCB 195	0,006	0,010	0,009	0,020	0,009	0,010	0,012	0,023	0,022	0,038	0,028	0,010	0,045	0,005
PCB 194	0,050	0,251	0,342	0,363	0,045	0,261	0,354	0,429	0,281	0,359	0,455	0,263	0,384	0,390
PCB 206	0,023	0,092	0,118	0,145	0,015	0,093	0,116	0,128	0,103	0,155	0,130	0,089	0,147	0,127
PCB 209	0,012	0,032	0,037	0,073	0,008	0,065	0,083	0,046	0,034	0,076	0,036	0,035	0,079	0,048

Concentrações de PCBs em ovos de *Pygoscelis antarcticus* da Ilha Rei George (Continua)

PCBs	antarcticus 1	antarcticus 2	antarcticus 3	antarcticus 4	antarcticus 5	antarcticus 6
PCB 8	0,005	0,004	0,004	0,005	0,005	0,013
PCB 18	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,007
PCB 28 e 31	0,056	0,059	0,092	0,061	0,076	0,095
PCB 33	0,015	0,008	0,012	0,014	0,014	0,014
PCB 52	0,045	0,017	0,034	0,014	0,035	0,028
PCB 49	0,013	0,009	0,012	0,013	0,017	0,017
PCB 44	0,050	0,025	0,030	0,026	0,027	0,022
PCB 74	0,073	0,093	0,106	0,079	0,071	0,110
PCB 70	0,074	0,046	0,055	0,051	0,066	0,060
PCB 66	0,056	0,070	0,103	0,073	0,083	0,116
PCB 56 e 60	0,036	0,021	0,031	0,024	0,027	0,041
PCB 81	0,003	0,001	0,004	0,002	0,001	0,005
PCB 77	0,303	0,404	0,353	0,340	0,039	0,059
PCB 95	0,077	0,041	0,048	0,039	0,055	0,056
PCB 101	0,077	0,024	0,036	0,011	0,054	0,042
PCB 99	0,131	0,142	0,189	0,145	0,160	0,265

PCBs	antarticus 1	antarticus 2	antarticus 3	antarticus 4	antarticus 5	antarticus 6
PCB 97	0,021	<LQM	0,004	0,001	<LQM	0,004
PCB 87	0,014	0,005	0,009	0,009	0,018	0,017
PCB 110	0,098	0,019	0,034	0,025	0,038	0,024
PCB 123	0,044	0,048	0,071	0,056	0,053	0,109
PCB 118	0,018	0,002	0,003	0,019	0,013	0,008
PCB 114	0,016	0,020	0,021	0,015	0,015	0,031
PCB 105	0,228	0,262	0,303	0,234	0,210	0,327
PCB 126	0,157	0,164	0,142	0,164	0,020	0,037
PCB 151	0,008	0,010	0,010	0,006	0,008	0,016
PCB 149	0,066	0,057	0,063	0,052	0,052	0,092
PCB 153	0,811	1,261	1,050	0,985	0,803	1,465
PCB 132	0,757	1,172	0,979	0,926	0,754	1,371
PCB 141	0,015	0,012	0,015	0,011	0,015	0,031
PCB 138	0,755	0,890	0,944	0,897	0,834	1,566
PCB 158	0,637	0,808	0,830	0,734	0,686	1,229
PCB128 167	1,458	1,681	1,313	1,519	0,181	0,319

PCBs	antarticus 1	antarticus 2	antarticus 3	antarticus 4	antarticus 5	antarticus 6
PCB 156	0,608	0,760	0,556	0,647	0,080	0,129
PCB 157	0,124	0,169	0,127	0,138	0,017	0,031
PCB 169	0,024	0,035	0,029	0,028	0,021	0,049
PCB 187	0,128	0,144	0,186	0,157	0,148	0,284
PCB 183	0,074	0,100	0,088	0,085	0,072	0,148
PCB 174	0,014	0,012	0,015	0,012	0,012	0,026
PCB 177	0,026	0,025	0,033	0,026	0,025	0,053
PCB 180	0,466	0,756	0,585	0,559	0,468	0,868
PCB 170	0,151	0,119	0,085	0,094	0,004	0,004
PCB 189	0,010	0,013	0,013	0,011	0,008	0,023
PCB 203	0,314	0,381	0,273	0,329	0,042	0,072
PCB 195	0,002	0,008	0,005	0,006	0,002	0,016
PCB 194	0,289	0,389	0,286	0,315	0,039	0,073
PCB 206	0,102	0,118	0,094	0,102	0,014	0,026
PCB 209	0,049	0,045	0,025	0,038	0,005	0,012

Concentrações de PCBs em ovos de *Larus dominicanus* da Ilha Rei George (Continua)

PCBs	<i>L. dominicanus 1</i>	<i>L. dominicanus 2</i>	<i>L. dominicanus 3</i>	PCBs	<i>L. dominicanus 1</i>	<i>L. dominicanus 2</i>	<i>L. dominicanus 3</i>
PCB 8	0,005	0,007	0,007	PCB 97	0,001	0,009	0,006
PCB 18	0,000	0,003	0,005	PCB 87	0,007	0,026	0,025
PCB 28 e 31	0,069	0,105	0,058	PCB 110	0,038	0,099	0,054
PCB 33	0,011	0,014	0,016	PCB 123	0,002	0,013	0,011
PCB 52	0,031	0,050	0,043	PCB 118	0,705	1,063	0,947
PCB 49	0,010	0,014	0,011	PCB 114	0,029	0,037	0,030
PCB 44	0,016	0,025	0,022	PCB 105	0,352	0,545	0,325
PCB 74	0,082	0,120	0,076	PCB 126	0,087	0,095	0,030
PCB 70	0,028	0,048	0,046	PCB 151	0,003	0,004	0,003
PCB 66	0,102	0,164	0,088	PCB 149	0,075	0,105	0,055
PCB 56 e 60	0,032	0,060	0,027	PCB 153	2,442	4,190	5,591
PCB 81	0,003	0,004	0,003	PCB 132	2,273	3,868	5,196
PCB 77	0,070	0,036	0,014	PCB 141	0,017	0,033	0,005
PCB 95	0,039	0,042	0,036	PCB 138	2,279	3,121	2,359
PCB 101	0,069	0,122	0,052	PCB 158	1,769	2,408	1,834
PCB 99	0,401	0,496	0,324	PCB128 167	1,261	1,553	0,570

PCBs	<i>L. dominicanus 1</i>	<i>L. dominicanus 2</i>	<i>L. dominicanus 3</i>
PCB 156	0,688	0,910	0,385
PCB 157	0,205	0,252	0,100
PCB 169	0,022	0,032	0,017
PCB 187	0,350	0,484	0,281
PCB 183	0,275	0,429	0,541
PCB 174	0,017	0,019	0,012
PCB 177	0,058	0,062	0,046
PCB 180	1,926	4,627	6,476
PCB 170	2,268	3,598	1,833
PCB 189	0,037	0,085	0,118
PCB 203	0,662	1,348	0,905
PCB 195	0,041	0,114	0,156
PCB 194	0,934	2,469	1,816
PCB 206	0,253	0,543	0,564
PCB 209	0,086	0,106	0,096

Concentrações de PCBs em ovos de *Chataratha sp* da Ilha Rei George (Continua)

PCBs	<i>Chataratha sp 1</i>	<i>Chataratha sp 2</i>	PCBs	<i>Chataratha sp 1</i>	<i>Chataratha sp 2</i>
PCB 8	0,012	0,005	PCB 97	0,360	0,085
PCB 18	0,008	0,003	PCB 87	0,494	0,126
PCB 28 e 31	0,356	0,086	PCB 110	2,446	0,558
PCB 33	0,042	0,014	PCB 123	1,657	0,446
PCB 52	0,316	0,086	PCB 118	25,961	4,595
PCB 49	0,229	0,064	PCB 114	0,499	0,080
PCB 44	0,073	0,008	PCB 105	7,958	1,650
PCB 74	0,749	0,150	PCB 126	0,019	0,055
PCB 70	0,678	0,094	PCB 151	0,719	0,291
PCB 66	0,936	0,191	PCB 149	9,494	1,847
PCB 56 e 60	0,283	0,048	PCB 153	235,056	32,505
PCB 81	0,069	0,017	PCB 132	220,864	29,790
PCB 77	<LQM	0,016	PCB 141	1,561	0,317
PCB 95	0,252	0,060	PCB 138	149,361	20,345
PCB 101	5,147	1,095	PCB 158	112,218	15,684
PCB 99	7,871	1,638	PCB128 167	0,226	1,107

PCBs	<i>Chataratha sp 1</i>	<i>Chataratha sp 2</i>
PCB 156	0,147	0,627
PCB 157	0,041	0,142
PCB 169	0,926	0,413
PCB 187	84,502	5,595
PCB 183	36,171	4,193
PCB 174	3,938	0,569
PCB 177	10,642	1,548
PCB 180	292,860	40,803
PCB 170	0,842	2,952
PCB 189	4,198	0,778
PCB 203	0,496	1,171
PCB 195	6,678	1,044
PCB 194	0,611	1,766
PCB 206	0,205	0,491
PCB 209	0,039	0,102

Concentrações de PCBs (em ng/g) em ovos de aves do ASPSP (*S. leucogaster*) e IT (*O. fuscatus*, *P. arminjoniana*) (Continua)

PCBs	<i>S. leucogaster 1</i>	<i>S. leucogaster 2</i>	<i>O. fuscatus 1</i>	<i>O. fuscatus 2</i>	<i>P. arminjoniana 1</i>	<i>P. arminjoniana 2</i>
PCB 8	0,007	0,006	0,006	0,006	0,018	0,009
PCB 18	0,011	0,008	0,009	0,009	0,046	0,012
PCB 28 e 31	0,033	0,017	0,021	0,026	0,150	0,034
PCB 33	0,019	0,012	0,013	0,015	0,092	0,017
PCB 52	0,065	0,034	0,042	0,044	0,223	0,041
PCB 49	0,024	0,011	0,012	0,013	0,067	0,015
PCB 44	0,072	0,029	0,029	0,029	0,110	0,028
PCB 74	0,017	0,009	0,013	0,013	0,042	0,016
PCB 70	0,069	0,019	0,021	0,024	0,098	0,030
PCB 66	0,031	0,008	0,020	0,021	0,062	0,027
PCB 56 e 60	0,030	0,012	0,016	0,015	0,043	0,017
PCB 81	0,002	<LQM	0,002	0,001	0,001	0,002
PCB 77	0,011	0,005	0,011	0,005	0,010	0,008
PCB 95	0,073	0,034	0,043	0,043	0,130	0,054
PCB 101	0,063	0,038	0,064	0,055	0,149	0,072

PCBs	<i>S. leucogaster 1</i>	<i>S. leucogaster 2</i>	<i>O. fuscatus 1</i>	<i>O. fuscatus 2</i>	<i>P. arminjoniana 1</i>	<i>P. arminjoniana 2</i>
PCB 99	0,041	0,024	0,049	0,039	0,082	0,050
PCB 97	0,025	0,012	0,019	0,014	0,026	0,011
PCB 87	0,019	0,007	0,009	0,010	0,035	0,018
PCB 110	0,082	0,034	0,070	0,051	0,122	0,073
PCB 123	0,010	0,010	0,019	0,006	0,004	0,010
PCB 118	0,006	0,006	0,015	0,006	0,011	0,011
PCB 114	0,002	0,002	0,005	0,003	0,006	0,004
PCB 105	0,047	0,029	0,058	0,030	0,052	0,038
PCB 126	0,010	0,008	0,017	0,012	0,014	0,014
PCB 151	0,003	0,002	0,007	0,004	0,007	0,006
PCB 149	0,032	0,017	0,070	0,036	0,069	0,058
PCB 153	0,421	0,490	0,501	0,481	0,601	0,592
PCB 132	0,389	0,453	0,463	0,439	0,555	0,546
PCB 141	0,008	0,004	0,014	0,007	0,015	0,013
PCB 138	0,315	0,356	0,642	0,464	0,564	0,497
PCB 158	0,237	0,268	0,483	0,351	0,442	0,381
PCB128 167	0,080	0,074	0,142	0,100	0,110	0,111

PCBs	<i>S. leucogaster 1</i>	<i>S. leucogaster 2</i>	<i>O. fuscatus 1</i>	<i>O. fuscatus 2</i>	<i>P. arminjoniana 1</i>	<i>P. arminjoniana 2</i>
PCB 156	0,039	0,034	0,059	0,042	0,052	0,052
PCB 157	0,008	0,005	0,010	0,006	0,007	0,007
PCB 169	0,004	0,003	0,006	0,006	0,008	0,006
PCB 187	0,130	0,158	0,210	0,167	0,212	0,214
PCB 183	0,064	0,078	0,083	0,067	0,102	0,088
PCB 174	0,007	0,006	0,016	0,008	0,014	0,014
PCB 177	0,023	0,025	0,055	0,036	0,050	0,048
PCB 180	0,427	0,609	0,642	0,499	0,842	0,752
PCB 170	0,896	0,783	0,462	0,374	0,285	0,290
PCB 189	0,008	0,008	0,012	0,008	0,014	0,014
PCB 203	0,122	0,147	0,116	0,106	0,120	0,106
PCB 195	0,008	0,012	0,008	0,006	0,012	0,009
PCB 194	0,058	0,088	0,051	0,037	0,054	0,043
PCB 206	0,014	0,017	0,008	0,006	0,020	0,007
PCB 209	0,004	0,004	0,002	0,001	0,007	0,001

Concentração de Pesticidas (em ng/g) em ovos de aves do ASPSP (*S. leucogaster*) e IT (*O. fuscatus*, *P. arminjoniana*) (Continua)

Compostos	<i>S. leucogaster</i> 1	<i>S. leucogaster</i> 2	<i>O. fuscatus</i> 1	<i>O. fuscatus</i> 2	<i>P. arminjoniana</i> 1	<i>P. arminjoniana</i> 2
DDE, o,p'	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM
DDE, p,p'	0,140	0,138	0,240	0,212	0,255	0,274
DDD, o,p'	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM
DDD, p,p'	0,002	0,001	0,002	<LQM	0,002	0,001
DDT, o,p'	<LQM	<LQM	0,001	0,001	0,002	0,001
DDT, p,p'	0,005	0,004	0,007	0,007	0,006	0,007
Mirex Results	0,017	0,073	0,108	0,255	0,193	0,293
Hexaclorobenzeno	0,028	0,017	0,111	0,086	0,104	0,116
Aldrin	0,010	0,005	0,005	0,006	0,033	0,005
Isodrin	0,004	0,003	0,007	0,006	0,012	0,010
Dieldrin	0,020	0,014	0,068	0,063	0,062	0,072
Endrin	0,003	0,003	0,002	0,001	0,078	0,004
α-HCH Results	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM
β-HCH Results	0,007	0,007	0,019	0,014	0,017	0,019
γ-HCH Results	0,020	0,015	0,017	0,037	0,223	0,021
Oxi-Clordana Results	0,003	0,003	0,006	0,005	0,009	0,007
γ'-Clordana Results	0,001	<LQM	<LQM	0,002	0,002	<LQM

Concentração de DDTs (em ng/g) em ovos de aves da Ilha Rei George.

Amostras	DDE, o,p'	DDE, p,p'	DDD, o,p'	DDD, p,p'	DDT, o,p'	DDT, p,p'
<i>P. papua</i> 1	<LQM	9,754	<LQM	0,051	0,006	0,754
<i>P. papua</i> 2	<LQM	19,672	<LQM	0,115	0,006	1,254
<i>P. papua</i> 3	0,002	12,617	0,001	0,088	0,009	0,907
<i>P. papua</i> 4	0,004	15,495	0,003	0,074	0,011	1,323
<i>P. papua</i> 5	0,003	7,096	0,003	0,061	0,018	0,718
<i>P. papua</i> 6	0,002	12,092	0,004	0,079	0,011	1,299
<i>P. papua</i> 7	0,002	12,842	<LQM	0,069	0,004	1,219
<i>P. papua</i> 8	0,002	18,715	0,002	0,102	0,016	1,747
<i>P. papua</i> 9	0,005	18,974	0,010	0,195	0,012	1,802
<i>P. papua</i> 10	0,005	23,454	0,016	0,159	0,034	2,568
<i>P. papua</i> 11	0,002	23,275	0,004	0,102	0,014	1,928
<i>P. papua</i> 12	0,002	17,269	0,001	0,109	0,023	1,505
<i>P. papua</i> 13	0,029	18,893	0,036	0,084	0,068	2,044
<i>P. papua</i> 14	<LQM	11,456	0,002	0,033	0,010	0,897
<i>P. antarcticus</i> 1	<LQM	10,070	<LQM	0,050	0,008	1,311
<i>P. antarcticus</i> 2	<LQM	14,251	0,005	0,064	0,019	1,495
<i>P. antarcticus</i> 3	<LQM	15,967	0,006	0,087	0,009	1,840
<i>P. antarcticus</i> 4	<LQM	12,690	0,003	0,095	0,010	1,588
<i>P. antarcticus</i> 5	0,003	11,525	0,002	0,095	0,022	0,964
<i>P. antarcticus</i> 6	0,005	21,384	0,006	0,208	0,026	1,916
<i>L. dominicanus</i> 1	<LQM	15,329	0,004	0,017	0,003	0,258
<i>L. dominicanus</i> 2	<LQM	13,430	<LQM	0,014	0,004	0,362
<i>L. dominicanus</i> 3	0,008	8,519	0,001	0,005	0,008	0,075
<i>Chataratha sp</i> 1	0,020	163,957	0,024	2,498	0,060	6,649
<i>Chataratha sp</i> 2	0,021	110,847	0,001	1,019	0,107	1,431

Concentração de Pesticidas (em ng/g) em ovos de aves da Ilha Rei George.

Amostras	α-HCH	β-HCH	γ-HCH	Hexaclorobenzeno	Aldrin	Isodrin	Dieldrin	Endrin	Oxi-Clordana	γ'-Clordana	Mirex
<i>P. papua</i> 1	0,00	0,05	0,03	13,48	0,00	0,34	0,92	0,30	0,48	0,02	1,91
<i>P. papua</i> 2	0,00	0,08	0,03	15,67	0,01	0,55	1,61	0,47	0,75	0,06	3,46
<i>P. papua</i> 3	0,00	0,08	0,03	8,98	0,01	0,33	1,02	0,34	0,45	0,13	2,70
<i>P. papua</i> 4	0,01	0,11	0,24	14,98	0,03	0,45	1,52	0,48	0,63	0,16	3,43
<i>P. papua</i> 5	0,00	0,06	0,31	7,75	0,19	0,22	0,75	0,27	0,29	0,01	1,53
<i>P. papua</i> 6	0,01	0,05	0,12	15,16	0,02	0,46	1,32	0,43	0,62	0,04	2,29
<i>P. papua</i> 7	0,01	0,08	0,04	11,86	0,01	0,38	1,29	0,38	0,52	0,13	2,90
<i>P. papua</i> 8	0,01	0,10	0,07	14,94	0,01	0,53	1,63	0,58	0,71	0,11	4,67
<i>P. papua</i> 9	0,01	0,08	0,01	12,33	0,02	0,48	1,86	0,61	0,66	0,08	4,25
<i>P. papua</i> 10	0,01	0,11	0,06	14,99	0,03	0,56	2,12	0,82	0,79	0,07	5,09
<i>P. papua</i> 11	0,01	0,11	0,04	17,95	0,01	0,60	1,78	0,59	0,80	0,10	5,32
<i>P. papua</i> 12	0,00	0,06	0,03	12,11	0,01	0,45	1,47	0,51	0,64	0,08	3,27
<i>P. papua</i> 13	0,01	0,07	0,02	21,04	0,03	0,66	1,47	0,55	0,90	0,01	4,67
<i>P. papua</i> 14	0,00	0,05	0,08	6,76	0,00	0,29	0,73	0,19	0,43	0,03	2,38
<i>P. antarcticus</i> 1	0,00	0,04	0,08	7,23	0,01	0,26	0,77	0,18	0,39	0,01	2,03
<i>P. antarcticus</i> 2	0,01	0,08	0,04	10,66	<LQM	0,40	1,26	0,43	0,14	0,04	2,94
<i>P. antarcticus</i> 3	0,00	0,06	0,06	17,67	0,01	0,58	1,73	0,54	0,78	0,09	3,01
<i>P. antarcticus</i> 4	0,00	0,04	0,06	9,06	0,00	0,33	0,97	0,21	0,47	0,04	2,55
<i>P. antarcticus</i> 5	0,01	0,07	0,06	9,90	0,01	0,36	1,45	0,38	0,46	0,01	2,17
<i>P. antarcticus</i> 6	0,01	0,13	0,05	12,06	0,00	0,58	2,62	0,78	0,77	0,11	4,27
<i>L. dominicanus</i> 1	0,00	0,17	0,03	13,47	<LQM	0,87	0,67	0,07	1,04	0,10	6,48
<i>L. dominicanus</i> 2	0,00	0,08	0,05	14,52	0,00	0,62	0,61	0,03	0,77	0,09	5,93
<i>L. dominicanus</i> 3	0,01	0,09	0,06	11,30	0,01	0,42	0,43	0,02	0,54	0,06	2,96
<i>Chataratha sp</i> 1	0,00	0,92	0,07	8,97	0,03	3,40	14,11	1,01	4,14	1,14	120,37
<i>Chataratha sp</i> 2	0,00	0,23	0,07	8,52	0,00	1,86	4,24	0,19	2,58	0,23	53,37

Concentração de PBDEs (em ng/g) em ovos de aves da Ilha Rei George.

Amostras	BDE 28	BDE 47	BDE 100	BDE 99	BDE 154	BDE 153	BDE 183
<i>P. papua 1</i>	<LQM	0,015	0,007	<LQM	<LQM	0,055	<LQM
<i>P. papua 2</i>	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	0,019	0,016	<LQM
<i>P. papua 3</i>	<LQM	0,014	0,016	0,026	0,027	0,034	<LQM
<i>P. papua 4</i>	<LQM	0,015	0,038	<LQM	0,017	0,021	<LQM
<i>P. papua 5</i>	<LQM	<LQM	0,005	<LQM	0,032	<LQM	<LQM
<i>P. papua 6</i>	<LQM	0,016	<LQM	<LQM	0,021	0,018	<LQM
<i>P. papua 7</i>	<LQM	0,011	0,018	<LQM	0,017	0,019	<LQM
<i>P. papua 8</i>	<LQM	0,015	<LQM	<LQM	0,027	<LQM	<LQM
<i>P. papua 9</i>	0,011	0,018	<LQM	<LQM	0,014	0,013	<LQM
<i>P. papua 10</i>	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	0,024	0,025	0,014
<i>P. papua 11</i>	0,010	0,016	0,037	<LQM	<LQM	0,027	<LQM
<i>P. papua 12</i>	<LQM	0,013	0,020	<LQM	0,024	0,026	<LQM
<i>P. papua 13</i>	0,054	0,022	<LQM	<LQM	0,019	<LQM	<LQM
<i>P. papua 14</i>	<LQM	0,014	<LQM	0,183	0,020	0,027	<LQM
<i>P. antarcticus 1</i>	0,001	0,015	<LQM	0,024	0,020	0,011	<LQM
<i>P. antarcticus 2</i>	<LQM	0,014	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM
<i>P. antarcticus 3</i>	<LQM	0,014	0,016	0,012	0,031	<LQM	<LQM
<i>P. antarcticus 4</i>	<LQM	0,014	0,005	<LQM	<LQM	0,021	<LQM
<i>P. antarcticus 5</i>	<LQM	<LQM	<LQM	0,006	0,048	<LQM	<LQM
<i>P. antarcticus 6</i>	0,011	<LQM	0,024	0,034	<LQM	<LQM	<LQM
<i>L. dominicanus 1</i>	0,006	<LQM	0,077	0,062	0,169	0,045	<LQM
<i>L. dominicanus 2</i>	0,012	<LQM	0,013	0,082	0,123	<LQM	0,073
<i>L. dominicanus 3</i>	0,205	0,303	0,051	0,085	0,069	0,238	0,013
<i>Chataratha sp 1</i>	0,282	0,161	10,352	0,046	0,142	0,076	0,263
<i>Chataratha sp 2</i>	0,056	0,355	0,902	0,150	0,244	0,253	0,164

Concentração de PBDEs (em ng/g) em ovos de aves do ASPSP (*S. leucogaster*) e IT (*O. fuscatus*, *P. arminjoniana*).

Compostos	<i>S. leucogaster 1</i>	<i>S. leucogaster 2</i>	<i>O. fuscatus 1</i>	<i>O. fuscatus 2</i>	<i>P. arminjoniana 1</i>	<i>P. arminjoniana 2</i>
BDE 28	<LQM	<LQM	0,002	0,001	0,001	0,001
BDE 47	0,002	0,001	0,070	0,019	0,014	0,022
BDE 100	0,002	<LQM	0,034	0,010	0,019	0,020
BDE 99	0,007	<LQM	0,040	0,003	0,007	0,007
BDE 154	0,006	0,007	0,025	0,005	0,009	0,010
BDE 153	<LQM	0,002	0,006	<LQM	0,002	0,002
BDE 183	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM

Razões isotópicas (‰) de carbono e de nitrogênio em ovos de aves da Ilha Rei George.

Amostra	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
<i>P. papua</i> 1	-24,27	10,04
<i>P. papua</i> 2	-25,15	15,98
<i>P. papua</i> 3	-25,58	10,98
<i>P. papua</i> 4	-25,75	10,19
<i>P. papua</i> 5	-24,78	9,64
<i>P. papua</i> 6	-25,25	9,28
<i>P. papua</i> 7	-25,90	10,39
<i>P. papua</i> 8	-25,19	10,48
<i>P. papua</i> 9	-25,63	10,27
<i>P. papua</i> 10	-25,26	10,11
<i>P. papua</i> 11	-25,68	9,95
<i>P. papua</i> 12	-25,30	9,69
<i>P. papua</i> 13	-25,31	9,62
<i>P. antarcticus</i> 1	-25,37	9,95
<i>P. antarcticus</i> 2	-24,54	9,93
<i>P. antarcticus</i> 3	-25,22	10,30
<i>P. antarcticus</i> 4	-25,23	10,12
<i>P. antarcticus</i> 5	-24,59	9,84
<i>P. antarcticus</i> 6	-25,59	10,04
<i>L. dominicanus</i> 1	-21,93	9,11
<i>L. dominicanus</i> 2	-22,64	8,89
<i>L. dominicanus</i> 3	-22,09	8,97
<i>Chataratha sp</i> 1	-23,04	10,72
<i>Chataratha sp</i> 2	-23,78	10,54

Razões isotópicas (‰) de carbono e de nitrogênio em ovos de aves do ASPSP (*S. leucogaster*) e IT (*O. fuscatus*, *P. arminjoniana*).

Amostra	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
<i>S. leucogaster 1</i>	-18,30	11,33
<i>S. leucogaster 2</i>	-18,36	11,24
<i>O. fuscatus 1</i>	-17,98	8,80
<i>O. fuscatus 2</i>	-18,01	8,90
<i>P. arminjoniana 2</i>	-18,20	8,70