Paula Baldassin Jorge

# **Pinguim-de-Magalhães** (*Spheniscus magellanicus*) **como indicador da ocorrência de poluentes orgânicos persistentes**

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

Orientadora:

Profa. Dra. Rosalinda Carmela Montone

São Paulo

2014

Universidade de São Paulo

Instituto Oceanográfico

**Pinguim-de-Magalhães** (*Spheniscus magellanicus*) **como indicador da ocorrência de poluentes orgânicos persistentes**

Paula Baldassin Jorge

Tese apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências, área de Oceanografia Química e Geológica.

Julgada em ____/____/____ , por

| | |
|---|---|
| _____ | _____ |
| Prof(a). Dr(a). | Conceito |
| _____ | _____ |
| Prof(a). Dr(a). | Conceito |
| _____ | _____ |
| Prof(a). Dr(a). | Conceito |
| _____ | _____ |
| Prof(a). Dr(a). | Conceito |
| _____ | _____ |
| Prof(a). Dr(a). | Conceito |

A minha pequena GRANDE e mágica FAMÍLIA que AMO tanto!!!

Max, Bel e Gú...

**SUMÁRIO**

AGRADECIMENTOS ..... v
RESUMO ..... viii
ABSTRACT ..... ix
ÍNDICE DE FIGURAS ..... x
INDICE DE TABELAS ..... xiv
1. INTRODUÇÃO ..... 1
1.1. Organoclorados ..... 2
1.1.1 BIFENILOS POLICLORADOS (PCBS) ..... 3
1.1.2 PESTICIDAS ORGANOCLORADOS ..... 5
1.2 Difenis éter polibromados ..... 12
1.3 Fipronil ..... 13
1.4 Poluentes orgânicos persistentes na zona temperada da América do Sul ..... 15
1.5 Pinguim-de-Magalhães ..... 19
2 OBJETIVOS ..... 27
2.1 Objetivo geral ..... 27
2.2 Objetivos específicos ..... 27
3 MATERIAL E MÉTODOS ..... 28
3.1 Amostragem ..... 28
3.2 Localização ..... 29
3.3 Análises ..... 30
3.3.1 CUIDADOS ANALÍTICOS ..... 30
3.3.2 SOLUÇÕES PADRÕES ..... 30
3.3.3 CURVA ANALÍTICA ..... 31
3.3.4 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA A ANÁLISE DE ORGANOCLORADOS E FIPRONIL ..... 31
3.3.5 EXTRAÇÃO ..... 32
3.3.6 PURIFICAÇÃO ..... 33
3.3.7 ESTIMATIVA DA QUANTIDADE DE LIPÍDIOS EXTRAÍVEIS ..... 34
3.3.8 ESTIMATIVA DO PESO SECO ..... 34
3.3.9 ANÁLISE DOS COMPOSTOS POR CROMATOGRAFIA EM FASE GASOSA (CG) ..... 35
3.3.10 LIMITE DE DETECÇÃO DO MÉTODO ..... 36
3.3.11 CONTROLE DE QUALIDADE ..... 38

3.3.12 MATERIAL DE REFERÊNCIA CERTIFICADO ..... 39
3.3.13 IDENTIFICAÇÃO ..... 40
4 RESULTADOS / DISCUSSÃO ..... 41
4.1 Bifenilos Policlorados (PCBs) em fígado de Pinguim-de-Magalhães ..... 42
4.2 Pesticidas organoclorados em fígado de Pinguim-de-Magalhães ..... 49
4.3 Difenis éter polibromados (PBDEs) em fígado de Pinguim-de-Magalhães ..... 59
4.4 Fipronil em fígado de Pinguim-de-Magalhães ..... 61
4.5 Glândula uropigiana como órgão alternativo ..... 62
5 CONCLUSÕES ..... 67
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 69
7 APÊNDICES ..... 86
8 ANEXOS ..... 112
8.1 Protocolo de coleta de material biológico ..... 112

*Some people live their dreams*

*Some people close their eyes…*

(Toto)

# AGRADECIMENTOS

Estou finalizando a minha tese... sozinha nunca teria conseguido, muitas pessoas me ajudaram e não poderia deixar ninguém de fora, pois todos, de alguma maneira, fizeram parte dela.

Max, sem você nada disso teria acontecido. Agradeço sempre por tudo o que você acrescentou em minha vida... e por toda a força!!! Um marido e um amigo! É o seu sorriso que me move...how wonderful life is while you are in my world… te amo!

Aos meus pais por toda a ajuda que me deram, em todos os sentidos, pois o apoio de vocês foi, é e sempre será essencial para mim! Obrigada também por cuidarem das crianças quando eu precisei me ausentar!! Eles, com certeza, amam a bagunça com os avós!!

Aos meus irmãos por toda a torcida e incentivo...mesmo sem entender direito o que eu estava fazendo!!! Amo vocês.....

A minha querida Tia Rose, obrigada por todo o apoio durante esses anos e por cuidar da minha princesa quando eu precisei.... ahhh não posso deixar de agradecer também a famosa mão maluca!!! Obrigada!!

Querida Mônica Quezada, obrigada por me ajudar nas traduções em espanhol, sem você muitas coisas não aconteceriam. Agora já estou craque!!

Agradeço ao meu sogro e a minha sogra por cuidar da criançada quando precisei me ausentar.

Agradeço imensamente a minha orientadora, Rosa, por mais de 10 anos acreditando nos meus projetos de pesquisa e sempre me incentivando a ir além... Que possamos sempre trabalhar juntas! Se o aluno contribui, você não imagina o que você contribuiu na minha vida profissional...

A Satie, o que seria deste LABQOM sem você! Aliás, o que seria dessa veterinária sem seus ensinamentos e paciência em ajudar a entender todo o processo tanto químico quanto biológico? Amiga, agradeço de coração toda a sua ajuda na elaboração deste trabalho. Espero sempre poder retribuir o que você fez por mim!

A Prof. Dra. Márcia Bícego. Querida, não sei se alguém já te disse isso antes, mas seu sorriso acalma as pessoas, bem... falo por mim! Muitas vezes, eu estava a mil e você vinha me dava um abraço, um sorriso e tudo se acalmava. Obrigada também pela confiança no projeto dos Pinguins, espero sempre estar a altura das suas expectativas.

Ao Prof. Dr. Reinaldo José da Silva, o que seria da família Baldassin Werneck sem você!! Seus ensinamentos, desde a primeira vez que nos conhecemos na salinha do Max, são e serão levados sempre comigo. Além de um orientador, um amigo. Muito obrigada por toda a ajuda, em especial na parte de estatística, adoraria ter essa facilidade que você tem com a matemática.

Aos estagiários do Laboratório: Renato Oliveira, Denise, Lígia de Araújo.

Aos companheiros de laboratório: Fernanda Colabuono, Mauro Cascaes, Josilene Silva, Ana Barbosa, Patrick Simões, Dalton Sasaki, Silvio Sasaki e Lourival obrigada pela ajuda e dicas.

Secretárias da pós-graduação, Ana Paula, Silvana e Letícia. Sempre me ajudando e orientando nesses anos de doutorado! Obrigada...

Gracias al equipo del SOCOBIOMA, Nacho, Cecilia, Lourdes, Fabricio, Solange y Daniel, por creer en mi trabajo, por confiar en mí! Ahora tenemos que seguir en frente porque el trabajo no puede parar!

Ao Alejandro Falabrino, gracias por toda la ayuda en la obtención de muestras en Uruguay y la oportunidad de conocer SOCOBIOMA.

Ao Maurício Tavares e Derek B. Amorim, por toda a confiança em nos ceder amostras e acreditar no trabalho. O trabalho de vocês é um exemplo a ser seguido... que nossa parceria dure muito.

Ao Gremar (Andrea Maranho, Roseana Farah, Mariana Zillio e Ivan Gentil), que sempre deixou as portas abertas para qualquer projeto que eu tenha com animais marinhos. O empenho de vocês com os animais é surpreendente. Que venham muitos outros projetos!

Ao Instituto Argonauta, Felipe Torres, Danilo Camba, Carlinhos Simão Peres, Sr. Ségio Neves, Deny Moreira, Juliana Salomon, Edvaldo, João Marcelo Cunha, José Pedro Rocha, Gabriel Barreto, Carla Beatriz... obrigada pelo trabalho realizado com o resgate e reabilitação dos animais marinhos, em particular os pinguins. Que cresçamos ainda mais em pró dos animais marinhos!

Ao Aquário de Ubatuba, Hugo Gallo, obrigada pelo incentivo nas minhas pesquisas... O caminho teve, e ainda tem, algumas pedras, mas chegaremos lá...

Gilson Rocha, Fábio Gouvea, Buda e Bruno o que seria da reabilitação sem a ajuda de vocês, dos nossos planos MacGyver com muito durepox....e, presta atenção..... deu tudo certo!! Obrigada, de coração, por tudo!

Agradeço imensamente a Associação R3 animal, Cristiane Kolesnikovas e ao CEMAVE, Patrícia Serafini, pela ajuda na obtenção de amostras. O trabalho de vocês é essencial para os animais marinhos de Florianópolis. Que possamos desenvolver mais trabalhos juntas!

Gracias al Profesor Dr. Miguel Mansilla por toda la ayuda en la obtención de las muestras biológicas y licencias. Espero trabajar siempre en colaboración con la Universidad San Sebastián y usted.

Gracias al Ricardo Matos por la muestra biológica y por todo el trabajo para mantenerlo apto para el análisis.

Dra. Nancy Denslow your teaching and professional work have impressed me a lot. Even with the short time I have learned a lot from you. I have found out another professional way that I did not know!

Ao Prof. Dr. Leandro Bugoni que sempre me orientou no entendimento da biologia destes animais. Seus ensinamentos foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

La Dinara (Uruguai) e Senarpesca (Chile) muchas gracias por toda la ayuda em la obtencion das muestras.

Thank you so much Dr. Mike Walsh, for every “open door” in my professional life…

Agradeço a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento da bolsa de doutorado e pelo financiamento da PEBE (Estágio no exterior). E, ao assessor científico que muito contribuiu com as suas sugestões.

**Agradeço, principalmente, a todos os animais que perderam suas vidas, mas possibilitaram a realização desta pesquisa.**

# RESUMO

O Pinguim-de-Magalhães, *Spheniscus magellanicus*, é o mais abundante dos pinguins que vivem em regiões temperadas da América do Sul, sendo um bom indicador de poluição ambiental. Poluentes orgânicos persistentes (POPs) foram detectados em fígado de Pinguins-de-Magalhães encontrados debilitados ou mortos nas praias do Brasil (Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) entre 2008 – 2012 e, do Uruguai e do Chile, em 2011. Os bifenilos policlorados (PCBs) predominaram em relação aos pesticidas organoclorados (DDTs ~ HCB ~ Drins) e aos éteres difenilos polibromados (PBDEs). O contaminante emergente fipronil não foi detectado apesar de seu uso na América do Sul. Entre os PCBs predominaram os congeneres penta, hexa e heptaclorados. Concentrações de POPs foram similares entre as áreas de migração e reprodução exceto para os PCBs que foram relativamente maiores na área de reprodução. Avaliação temporal (2008 – 2012) de POPs apresentou constância para os pesticidas organoclorados e tendência ao declínio para os PCBs. A glândula uropigiana de Pinguim-de-Magalhães mostrou-se um tecido alternativo adequado para análise de POPs em aves debilitadas. No geral, as regiões de reprodução e migração dos pinguins na América do Sul apresentam baixas concentrações de POPs com tendência constante ou indícios de declínio.

**Palavras-chave**: Bifenilos policlorados, Pesticidas organoclorados, Difenis éter polibromados, Fipronil, *Spheniscus magellanicus*, América do Sul.

# ABSTRACT

The Magellanic Penguin , *Spheniscus magellanicus*, is the most abundant penguin that live in temperate regions of South America and a good indicator of environmental pollution in that region. Persistent organic pollutants (POPs) were detected in the liver of Magellanic penguins found debilitated or dead on the beaches of Brazil (Rio de Janeiro, Sao Paulo, Santa Catarina and Rio Grande do Sul) between 2008 - 2012, and in Uruguay and Chile in 2011. Polychlorinated biphenyls (PCBs) were more prevalent than organochlorine pesticides (DDTs ~ HCB ~ Drins) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs). Fipronil, an emerging contaminant, was not detected despite its use in South America. Among PCBs, the congeners penta, hexa and heptaclorados were predominant. Concentrations of POPs are similar between the migration and reproduction areas except for PCBs that are relatively higher in the breeding area. At this time point (2008 - 2012) POPs showed constancy for organochlorine pesticides and PCBs tendency to decline. The Magellanic penguin uropygian gland has proved to be a suitable alternative for POPs tissue analysis in debilitated birds. Overall, southern South America has low concentrations of POPs with constant trend or decline evidence.

**Keywords**: Polychlorinated biphenyls, Organochlorine pesticides, Polybrominated diphenyl ether, Fipronil, *Spheniscus magellanicus*, South America.

# ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1**. Estrutura química de alguns congêneres e isômeros do bifenil policlorado (PCB). (Fonte: NOAA) ..... 3

**Figura 2.** Aldrin, dieldrin e endrin. (Fonte: NOAA)..... 7

**Figura 3.** Formas cis e trans do Clordano. (Fonte: U.S. Fish and Wildlife Service)..... 8

**Figura 4.** Heptacloro e Heptacloro epóxido. (Fonte: NOAA) ..... 8

**Figura 5.** DDT e seus metabólitos. Fórmula $C_{10}H_5Cl_7$ (Fonte: NOAA)..... 10

**Figura 6.** Hexaclorobenzeno (HCB) e o dodecaclorohidro-1,3,4 metano -1H- ciclobuta[c,d] pentaleno (Mirex) (Fonte: NOAA) ..... 11

**Figura 7.** Estrutura química de alguns isômeros do hexaclorociclohexano (HCH) (Yogui, 2002). ..... 12

**Figura 8.** Estrutura química dos difenis éter polibromado (Fonte: NOAA). ..... 12

**Figura 9.** Estrutura molecular do inseticida fipronil (a) e seu metabólito fipronil sufona (b) ..... 14

**Figura 10**. Localização das áreas reprodutivas do Pinguim-de-Magalhães. ..... 20

**Figura 11.** Colônia de Pinguim-de-Magalhães na Isla Magdalena/ Chile..... 23

**Figura 12.** Colônia de Pinguim-de-Magalhães em Punta Tombo/ Argentina..... 23

**Figura 13.** Ninho de Pinguim-de-Magalhães na Isla Magdalena/ Chile..... 23

**Figura 14.** Ninho de Pinguim-de-Magalhães em Punta Tombo/ Argentina..... 23

**Figura 15.** Ninhego de Pinguim-de-Magalhães na Isla Magdalena/ Chile. ..... 23

**Figura 16.** Juvenil de Pinguim-de-Magalhães em Ubatuba / Brasil..... 23

**Figura 17.** Adulto de Pinguim-de-Magalhães em Punta Tombo/ Argentina..... 24

**Figura 18.** Juvenil de Pinguim-de-Magalhães fazendo muda e adquirindo a plumagem de sub-adulto em Ubatuba / Brasil. ..... 24

**Figura 19.** Típico pinguim recebido nos centros de reabilitação. O animal é incapaz de permanecer ereto e manter a temperatura corpórea. 25

**Figura 20**. Cavidade interna de um Pinguim-de-Magalhães evidenciando a caquexia pela diminuição da massa muscular peitoral, proeminência do osso esterno e escassez de tecido adiposo. 26

**Figura 21.** Localização das instituições que forneceram amostras. 1 Universidad de San Sebastian, Concepción/Chile; 2 Natura Patagonia, Punta Arenas/Chile; 3 SOCOBIOMA, Maldonado/Uruguai; 4 CECLIMAR, Imbé/Rio Grande do Sul/Brasil; 5 Associação R3 Animal, Florianópolis/Santa Catarina/ Brasil; 6 GREMAR, Guarujá/São Paulo/ Brasil; 7 Instituto Argonauta/Aquário de Ubatuba/Ubatuba/São Paulo/ Brasil. 29

**Figura 22.** Localização da glândula uropigiana (seta). 32

**Figura 23.** Glândula uropigiana. 32

**Figura 24.** Apresentação da glândula uropigiana. 32

**Figura 25.** Filamentos da glândula uropigiana. 32

**Figura 26.** Somatória dos PCBs na região sudeste (SE) brasileira entre os anos de 2008 a 2012 (exceto 2009), em ng $g^{-1}$ peso úmido. 43

**Figura 27.** Somatória dos PCBs na região sul (S) brasileira entre os anos de 2010 a 2012, em ng $g^{-1}$ peso úmido. 43

**Figura 28.** Somatória dos PCBs no Brasil entre os anos de 2008 a 2012, em ng $g^{-1}$ peso úmido. Nota-se a diminuição da média das somatórias em uma ordem de grandeza nos anos 2011 e 2012. 44

**Figura 29.** Somatória dos PCBs no Brasil (BR) n=17, Uruguai (UR) n=10 e Chile (CH) n= 3, no ano de 2011, em ng $g^{-1}$ peso úmido. 45

**Figura 30.** Comparação (%) entre a ocorrência de congêneres de PCBs em fígado de pinguins *Pygosdcelis papua*, Inomata et al (1996) e *Spheniscus magellanicus* no atual estudo..... 47

**Figura 31.** Concentração de congêneres de PCBs em fígado de *Spheniscus magellanicus* encontrado na região sudeste do Brasil (2008)..... 48

**Figura 32.** Nível de cloração média dos PCBs encontrados em fígado de *Spheniscus magellanicus*. ..... 49

**Figura 33.** Concentração de HCB em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido..... 50

**Figura 34.** Concentração de HCB em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido..... 50

**Figura 35.** Concentração de HCB nos países Brasil (BR), Chile (CH) e Uruguai (UR), em ng $g^{-1}$ no ano de 2011..... 51

**Figura 36.** Concentração de DDTs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido..... 53

**Figura 37.** Concentração de DDTs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido..... 53

**Figura 38.** Concentração de DDTs no Brasil (BR, Uruguai (UR) e Chile (CH), no ano de 2011, em ng $g^{-1}$ peso úmido..... 53

**Figura 39.** Concentração de Drins em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido..... 55

**Figura 40**. Concentração de Drins em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido..... 55

**Figura 41.** Concentração de Drins nos países Brasil (BR), Chile (CH) e Uruguai (UR), em ng $g^{-1}$ no ano de 2011..... 56

**Figura 42.** Concentração de HCHs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido. ..... 58

**Figura 43.** Concentração de HCHs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido. ..... 58

**Figura 44.** Concentração de HCHs nos países Brasil (BR), Chile (CH) e Uruguai (UR), em ng $g^{-1}$ no ano de 2011. ..... 58

**Figura 45.** Concentração de PBDEs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido. ..... 59

**Figura 46.** Concentração de PBDEs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido. ..... 59

**Figura 47.** Concentração de PBDEs em Pinguim-de-Magalhães encontrados nos países Brasil (BR), Chile (CH) e Uruguai (UR), em ng $g^{-1}$ no ano de 2011. ..... 60

**Figura 48.** Cromatograma de fipronil em Pinguim-de-Magalhães da região sul do Brasil. O círculo vermelho indica o tempo de retenção do composto. ..... 62

**Figura 49.** Concentração de DDTs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido. ..... 65

**Figura 50.** Concentração de HCB em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido. ..... 65

**Figura 51.** Concentração de Drins em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido. ..... 65

**Figura 52.** Concentração de PCBs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido. ..... 65

# INDICE DE TABELAS

**Tabela 01.** Itens da dieta alimentar dos Pinguins-de-Magalhães, nas colônias estudadas na Argentina e nas Falklands e, de animais encalhados no litoral do estado de Rio de Janeiro e São Paulo. [1]Sala et al, 2012; [2]Thompson, 1993, [3]Pinto *et al.,* 2008; Baldassin *et al.,* 2010…….. 22

**Tabela 02.** Local de encalhe e ano de coleta de Pinguins-de-Magalhães analisados neste estudo. Sudeste do Brasil está representado pelo estado de São Paulo (SP) e Rio de Janeiro (RJ) e o Sul está representado pelos estados de Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS)..... 29

**Tabela 03.** Limite de detecção do método para pesticidas organoclorados em ng $g^{-1}$.... 37

**Tabela 04.** Limite de detecção do método para PCBs em ng $g^{-1}$..... 37

**Tabela 05.** Limite de detecção do método para PBDEs em ng $g^{-1}$..... 38

**Tabela 06.** Congêneres de PCB e os três íons para cada nível de cloração..... 40

**Tabela 07.** Congêneres de PBDEs e os três íons para cada nível de cloração..... 41

**Tabela 08.** Comparação entre as somatórias dos pesticidas organoclorados em glândula uropigiana e o tecido hepático no Pinguim-de-Magalhães..... 64

**Tabela 09.** Comparação entre o teor lipídico da glândula uropigiana e o tecido hepático no Pinguim-de-Magalhães..... 66

# 1. INTRODUÇÃO

A presença de pinguins nas praias do sul e sudeste brasileiro é um fenômeno natural que ocorre normalmente nos meses de inverno. Estudos arqueológicos em sambaquis no litoral brasileiro revelam camadas de conchas, esqueletos humanos e de animais, incluindo ossos de pinguim, o que nos indica que muito antes da colonização portuguesa estes animais já chegavam na costa brasileira (Madu, 2000).

Todos os anos os Pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*) deixam a sua colônia e vão para o mar durante meses em busca de alimento. As aves migratórias utilizam suas reservas de gordura como fonte de energia durante este período (Warham, 1990) e, consequentemente, os contaminantes químicos acumulados nestes, são mobilizados para outros tecidos (Tanabe, 1988). Inanição e a mobilização destas reservas podem causar uma rápida redistribuição destes contaminantes da gordura para o fígado (Elliot et al., 1996).

Atualmente os pinguins estão se deparando com as mudanças ambientais, desde a mudança climática até as intervenções humanas, sendo que, de acordo com Boersma & Rebstock (2014), os Pinguins-de-Magalhães estão, cada vez mais, sendo ameaçados pela atividade antrópica nas áreas costeiras de sua migração. Segundo Becker (1989) e Boersma (2008) os pinguins podem ser utilizados como sentinelas do ambiente marinho e os cientistas podem, através deles, verificar as taxas e a natureza das mudanças que ocorrem no Atlântico Sul Ocidental. Embora essas aves mostrem adaptações à variabilidade do ambiente, as pertubações ambientais são uma ameaça a estabilidade da sua população.

Dentre os diversos fatores que podem afetar os pinguins está a presença de poluentes orgânicos persistentes (POPs) no ambiente onde se encontram. Os POPs constituem um grupo de compostos orgânicos que exibem combinadamente características de persistência, bioacumulação, toxicidade e podem ser transportados através de longas distâncias no ambiente (PNUMA, 2002).

Apesar de apenas uma pequena quantidade de organoclorados terem sido banida ou seu uso restrito em algumas partes do mundo, essas medidas irão através do tempo reduzir a quantidade desses produtos químicos liberados no meio ambiente. Entretanto, devido a natureza destes compostos, mesmo banidos, irão persistir no ambiente aquático por séculos (Larsson et al.,1989).

## 1.1. Organoclorados

Desde 1962, quando a bióloga e naturalista Rachel Carlson publicou a obra Silent Spring as atenções para os organoclorados, que são substâncias químicas amplamente utilizados na agricultura que combinam o carbono e o cloro, tornaram-se mais evidentes.

O livro discute o uso indiscriminado desses compostos, que pode causar o óbito de animais, incluindo o Homem. O título representa uma estação de primavera na qual não se ouvia o canto dos pássaros, pois todos desapareceram em consequência do uso abusivo do pesticida. O livro é considerado um marco na utilização dos pesticidas, pois através dele pode-se facilitar ou restringir o uso destes poluentes, medida que somente ocorreu em 1972, nos USA, e inicio de 1980 no Brasil, depois de aproximadamente 20 anos da sua divulgação.

Esses compostos, que são artificialmente produzidos, começaram a dominar o mercado no final dos anos 30. Sabemos que atualmente os organoclorados são

produzidos e usados comercialmente como: pesticidas, plásticos, solventes, lubrificante e retardantes de chamas.

### 1.1.1 Bifenilos policlorados (PCBs)

Os PCBs (bifenilos policlorados) formam um grupo de 209 compostos orgânicos que podem ter 1 a 10 cloros. Entre as principais características dos PCBs pode-se destacar: grande estabilidade química, alta constância dielétrica e resistências a altas temperaturas. Desta forma, foram utilizados como isolantes em transformadores e capacitores, como plastificantes e como aditivos de óleo lubrificante em máquinas agrícolas (Lara et al., 1976; Nisbet et al., 1972). Além disso, também foram usados como agente sinergístico para aumentar o período de vida ativo dos pesticidas organoclorados (Clark, 2001).

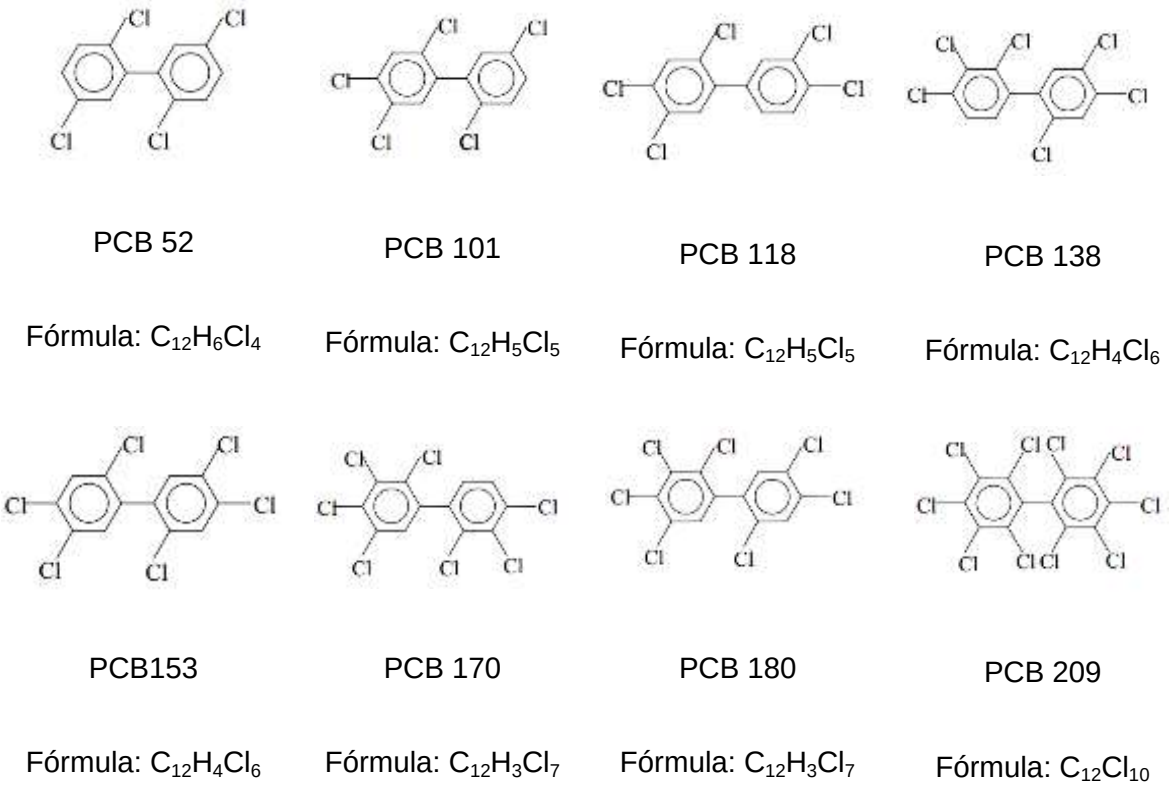



**Figura 1.** Estrutura química de alguns congêneres e isômeros do bifenil policlorado (PCB). (Fonte: NOAA)

Os PCBs, de acordo com Penteado (2001), foram vendidos pelos Estados Unidos para todo o parque industrial brasileiro, sendo o setor elétrico o maior consumidor. Segundo a legislação brasileira, os equipamentos contendo PCBs não são obrigados à substituição. Isso foi verificado pela presença desses compostos em 26 amostras de óleo isolante de capacitores e transformadores, provenientes de empresas nacionais geradoras de energia, no qual 96% desses óleos continham grandes concentrações de PCBs.

A incineração de óleos lubrificantes poderia representar outro problema, pois geram, além dos PCBs, outros compostos poluentes como os PAHs (hidrocarboneto policíclicos aromáticos) e dioxinas (Fuentes et al., 2007). Bifenilos policlorados foram utilizados industrialmente até a década de 1970, quando foram então proibidos em muitos países (Endo et al., 2005).

As principais fontes dos PCBs para o ambiente marinho são os efluentes industriais ou urbanos despejados nos rios e lagos e as fumaças decorrentes da incineração de produtos contendo PCBs (Nisbet et al., 1972). Esses compostos podem entrar na atmosfera sob a forma particulada ou de vapor, sendo que ambas as formas coexistem (Wheatley, 1973).

A remoção dos PCBs para o oceano é feita principalmente pela ação das chuvas e depende da partição na interface ar/água (Bidleman & Olney, 1974). Uma vez no oceano, os PCBs são distribuídos e transferidos através da coluna d'água, biota e sedimento, deste modo vêm sendo detectados em áreas remotas devido ao transporte de longa distância que sofrem pelo processo de destilação global, como relatou, por exemplo, Yogui et al. (2002). Também tem sido relatada, por exemplo, que as águas do oceano aberto contêm a maior porção residual de PCBs, atingindo 61% de toda a carga do ambiente (Tatsukawa & Tanabe, 1990).

Além disso, os PCBs exercem efeitos patogênicos endócrinos em répteis, aves e mamíferos (McCarty et al., 1999). A possibilidade que eles tenham um efeito complexo, ao interagir com diferentes receptores de hormônios esteróides, em diferentes níveis, com consequências bioquímicas e fisiológicas é ainda desconhecido (D'Amato et al., 2002). Estudos toxicológicos têm demonstrado que os PCBs podem alterar principalmente as funções reprodutivas, sendo observados distúrbios na maturação sexual e efeitos teratogênicos (Penteado & Vaz, 2001).

Segundo o mesmo autor, a entrada dos PCBs na cadeia alimentar é devido principalmente às suas propriedades físico-químicas, pois podem sofrer processos de bioconcentração (acúmulo em um indivíduo) e biomagnificação (acúmulo da concentração nos tecidos dos organismos na passagem de cada nível trófico da cadeia alimentar). O potencial da biomagnificação na cadeia trófica é determinado pela lipofilicidade dos congêneres de PCBs, pela estrutura e pela dinâmica da cadeia, no qual a concentração do contaminante aumenta com o nível trófico. O acúmulo pode ocorrer via ingestão e contato direto com água, alimento e sedimento contaminado. De acordo com Tanabe et al. (1988), os níveis de PCBs no ambiente não devem decrescer a curto prazo e a problemática da poluição por esses compostos está longe de um final.

### 1.1.2 Pesticidas organoclorados

Os pesticidas organoclorados (POCs) apresentam um grande número de substâncias com considerável diversidade de estruturas, propriedades e usos. Os três grupos mais representativos são: ciclodienos (Aldrin e Dieldrin), DDTs e hexaclorociclohexanos (HCH) (Matos, 2002). Esses pesticidas têm o seu uso restrito em muitos países, inclusive no Brasil, e estão entre os compostos orgânicos mais estudados no ambiente marinho (Jones & Voogt*.,* 1999).

Dentre as patologias que podem ser encontradas nos animais, podemos citar: aumento da mortalidade e má formação em peixes jovens, embriões deformados em tartarugas de água doce, diminuição da espessura da casca do ovo em aves, deformidade dos ninhegos, tumores em baleias belugas (*Delphinapterus leucas*), esterilidade na águia americana (*Haliaeetus leucocephalus*) e em focas (*Phoca vitulina*) e comprometimento do sistema imunológico (Sindermann, 1979; Reijnders, 1980; Wiemeyer et al, 1984; Bishop et al, 1991;  Bishop et al; 1994; de Guise et al, 1994).

O Brasil ainda utiliza estes compostos. O aldrin e mirex não entraram na Portaria 329, de 1985 pela ANVISA, que os permitem como cupinicida e formicida. Sendo assim, um estudo realizado por Alves (2010), descreve a contaminação por esses pesticidas nos recursos hídricos do Estado de Goiás, área do Planalto Central mais importante na dispersão de águas da rede hidrográfica brasileira. Este mesmo estudo revela que a simples utilização da chamada “agenda 21” e incentivos a agriculturas orgânicas nos municípios em questão acarretam uma redução de 82% nas chances de uma intoxicação e consequentemente uma promoção da saúde ambiental.

Estão descritos, a seguir, os grupos mais representativos dos POCs: ciclodienos, DDTs, HCB, Mirex e hexaclorociclohexanos (HCH).

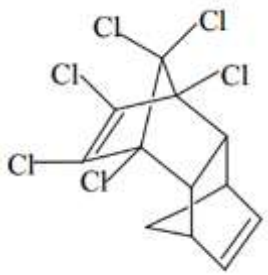
#### 1.1.2.1 Ciclodienos

Os ciclodienos são um grande grupo de compostos organoclorados, dentre os quais estão Aldrin, Dieldrin, Endrin, Clordanos, Heptacloro.

**<u>Aldrin</u>**

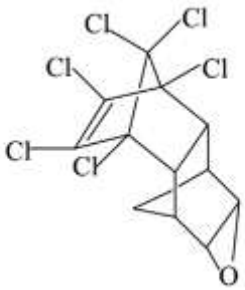
É um inseticida de amplo espectro e altamente efetivo, matando os insetos por contato e ingestão, possuindo também uma ação fumegante dentro da terra, o que garante o controle de inseto na camada superficial do solo. Ele pode se volatilizar,

contaminando a atmosfera. O restante é transformado e convertido a dieldrin, no qual é mais resistente à biotransformação e à degradação abiótica que o Aldrin (Neto, 2002).



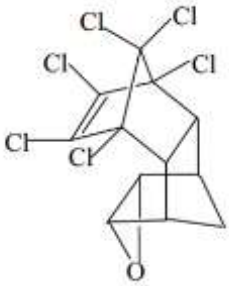

Aldrin

Fórmula: $C_{12}H_8Cl_6$




Dieldrin

Fórmula: $C_{12}H_8Cl_6O$



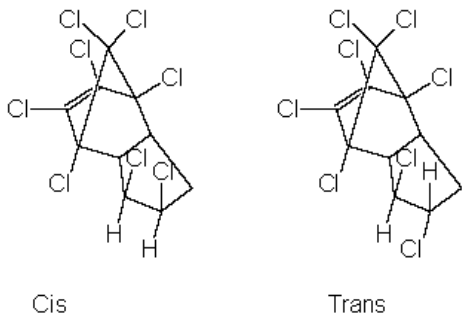

Endrin

Fórmula: $C_{12}H_8Cl_6O$

**Figura 2.** Aldrin, dieldrin e endrin. (Fonte: NOAA)

## Clordano

É um inseticida de amplo espectro, usado na agricultura e no controle de cupins. No Brasil, não há agrotóxicos cujo principal ingrediente ativo seja o clordano, mas sim três produtos destinados a preservação de madeira: Biarbinex 200 CE, Biarbinex 400 CE e Nadefour 400, todos contendo clordano, juntamente com heptacloro e nonacloro (Oliveira, 2002).




Fórmula: $C_{10}H_6Cl_8$

**Figura 3.** Formas cis e trans do Clordano (Fonte: U.S. Fish and Wildlife Service).

http://www.fws.gov/pacific/ecoservices/envicon/pim/reports/contaminantinfo/contaminants.html

## Heptacloro

Foi muito utilizado no controle de pragas do solo e de sementes, como milho e sorgo. Também foi utilizado no controle de formigas, larvas de moscas, cupins e outros insetos, em solos cultivados e para insetos domésticos. No Brasil ainda é utilizado na preservação de madeira, entretanto sabe-se de grandes estoques na agropecuária sendo vendidos por indústrias não registradas (Lima, 2002).

Heptacloro

Fórmula: $C_{10}H_5Cl_7$

Heptacloro Epóxido

Fórmula: $C_{10}H_5Cl_7O$

**Figura 4.** Heptacloro e Heptacloro epóxido. (Fonte: NOAA)

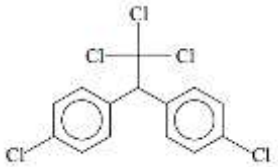
#### 1.1.2.2 DDTs e metabólitos

O DDT é um inseticida persistente de amplo espectro que foi utilizado largamente na agricultura e no controle de vetores de doenças, como a malária e a leishmaniose visceral (D'Amato et al., 2002). Porém, os insetos passaram a desenvolver resistência ao composto e os efeitos ambientais negativos foram evidenciados.

O DDD e o DDE são resultados da transformação do DDT. No caso do DDE ocorre uma perda de um átomo de cloro e de hidrogênio e, no DDD ocorre apenas a perda de um átomo de cloro. Estes metabólitos apresentam atividade inseticida, porém são menos tóxicos aos peixes do que o DDT. O DDE é o menos tóxico dos três, porém é encontrado em maiores concentrações nos organismos. Segundo Clark (1992) estima-se que 80% do total de DDTs estejam na forma de DDE nos organismos marinhos. Atualmente, é utilizado somente no controle de zoonoses em países em desenvolvimento.

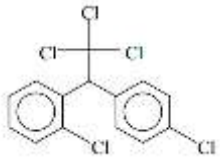
O DDT é considerado uma das substâncias sintéticas mais utilizadas e estudadas no século XX (D'Amato et al., 2002). Segundo o mesmo autor os efeitos do DDT nos organismos ocorrem depois de atuarem sobre o equilíbrio de sódio/potássio nas membranas do axônio, provocando impulsos nervosos constantes, que levam a contração muscular, convulsões, paralisia e morte. O DDT é um promotor de tumores, isto é, ele não causa os efeitos genéticos que culminam com o surgimento das neoplasias, mas potencializa a divisão das células neoplásicas que já tenham surgido.

O *p,p*'- DDE, composto encontrado em maior concentração nas aves analisadas entre os pesticidas organoclorados, é o mais abundante em ovos de aves (Ohlendorf *et al.,* 1978). Auman *et al.* (1997), durante 1993/1994 no norte do Oceano Pacífico, notaram um aumento de mais de 5% na taxa de quebra de ovos em albatrozes e atribuíram este fato a elevada contaminação por DDE.



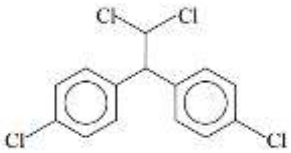
*p,p'* DDT

Fórmula: $C_{14}H_9Cl_5$



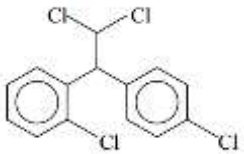
*o,p' DDT*

Fórmula: $C_{14}H_9Cl_5$



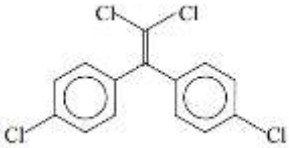
*p,p' DDD*

Fórmula: $C_{14}H_{10}Cl_4$



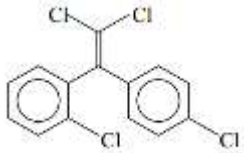
*o,p' DDD*

Fórmula: $C_{14}H_{10}Cl_4$



*p,p' DDE*

Fórmula: $C_{14}H_8Cl_4$



*o,p' DDE*

Fórmula: $C_{14}H_8Cl_4$

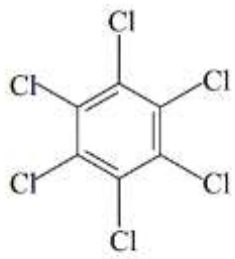
**Figura 5.** DDT e seus metabólitos. Fórmula $C_{10}H_5Cl_7$ (Fonte: NOAA)

#### 1.1.2.3 HCB e Mirex

O HCB é um produto químico sintético, utilizado principalmente como fungicida. Devido a sua capacidade de volatilização, contamina também a água da chuva e evidencia o processo de destilação global e, deste modo, o transporte de longas distâncias tem importância significativa na redistribuição do HCB no meio ambiente (Calamari et al., 1991; Aono et al., 1997; Fuoco et al., 2009). De acordo com Barber et al. (2005), a quantidade de HCB emitida atualmente é muito baixa, porém somente uma pequena quantidade reemitida do solo para o ar é suficiente para manter o cenário de

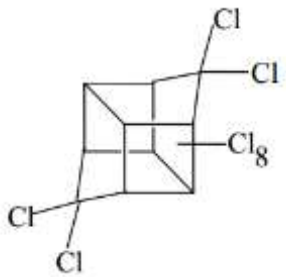
emissão primária no qual foi utilizado centenas a milhares de toneladas durante seu pico de uso.

O mirex, que também é um produto sintético, foi amplamente utilizado no controle de formigas, retardante de chama em plásticos, borrachas, papel e materiais elétricos. No Canadá ele causou uma redução drástica no sucesso reprodutivo das gaivotas (*Larus argentatus*) nas regiões dos Grandes Lagos em 1974 (Kaiser, 1978).




HCB

Fórmula: $C_6Cl_6$




Mirex

Fórmula: $C_{10}Cl_{12}$

**Figura 6.** Hexaclorobenzeno (HCB) e o dodecaclorohidro-1,3,4 metano -1H- ciclobuta[c,d] pentaleno (Mirex) (Fonte: NOAA)

#### 1.1.2.4 Isômeros do HCH

O HCH foi utilizado como veneno de contato para insetos, sendo um composto muito volátil em sua aplicação, sendo perdido em altas taxas para a atmosfera. No Brasil foi utilizado na agricultura na cultura de café, soja e algodão e na saúde pública no controle da doença de chagas (Weber & Montone, 1990).

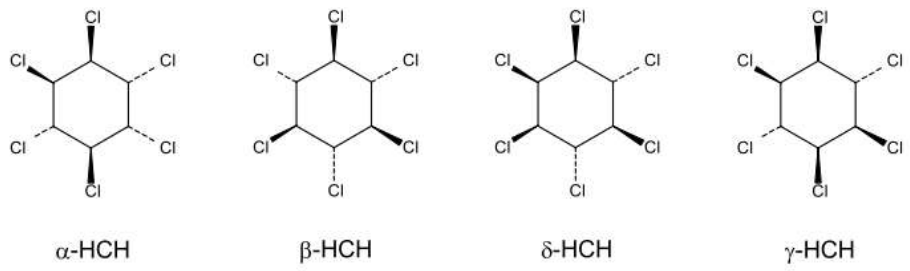



**Figura 7.** Estrutura química de alguns isômeros do hexaclorociclohexano (HCH) (Yogui, 2002).

## 1.2 Difenis éter polibromados

Os difenis éter polibromado (PBDEs) são substâncias sintéticas, cuja principal aplicação é como retardante de chama. Sua utilização surgiu nos Estados Unidos, com a adição deste composto nos produtos altamente inflamáveis fazendo com que o índice de combustibilidade se reduzisse e a segurança fosse aumentada, pois muito recurso financeiro era gasto em incêndios. Nas últimas décadas, principalmente na década de 1990, sua utilização tornou-se muito comum e houve um aumento na adição deste produto químico em muitos produtos, como: computadores, TVs, carpetes e colchões. (Vagula et al., 2012)

Os PBDEs formam uma família de 209 congêneres (Montory & Barra, 2006) e comercialmente estão disponíveis em três misturas, de acordo com a média de bromados na formulação: pentaBDE, octaBDE e decaBDE (He *et al*, 2006). O penta e o octa são misturas de alguns congêneres e a maioria do deca consiste exclusivamente do congênere BDE 209.

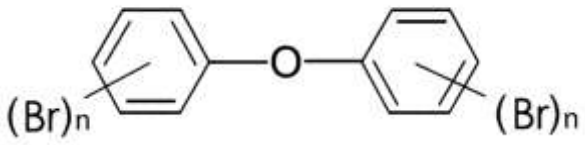



**Figura 8.** Estrutura química dos difenis éter polibromado (Fonte: NOAA).

Assim como os demais POPs os PBDEs são resistentes à degradação, hidrofóbicos e lipofílicos (Wong et al., 2001; He et al., 2006; Montory et al., 2006). Além disso, são compostos persistentes que bioacumulam e biomagnificam através da cadeia trófica, apesar do grande tamanho da molécula (Montory et al., 2006). Eles apresentam a tendência de estarem associados ao solo e sedimentos devido sua característica hidrofóbica e baixa volatilidade. Além disso, o ar e a água constituem um importante meio de transporte para a dispersão destes contaminantes em escala global (Montory et al., 2006). De Wit et al. (2002) descrevem que altas concentrações foram detectadas na biota marinha em comparação com a biota terrestre.

Os efeitos patogênicos dos PBDEs, segundo Darnerud (2003), podem ser: desordem neurológica, alterações nos níveis hormonais da tireóide, toxicidade fetal, teratogenia, patologias hepáticas e renais, mudanças no hematócrito e na glicose sérica, e redução dos números de desovas de peixes (de Wit et al., 2002).

## 1.3 **Fipronil**

Fipronil (Fig. 09) é um inseticida comercial descoberto e desenvolvido pela Rhône-Poulenc entre 1985 e 1987, exposto ao mercado em 1993 e atualmente é considerado um contaminante emergente (Tingle et al., 2000). Foi produzido para combater insetos quando em abundância (Kitulagodage et al., 2011b), além de auxiliar na agricultura de arroz, manejo de grandes gramados e controle de pestes residenciais (Konwick et al., 2006).

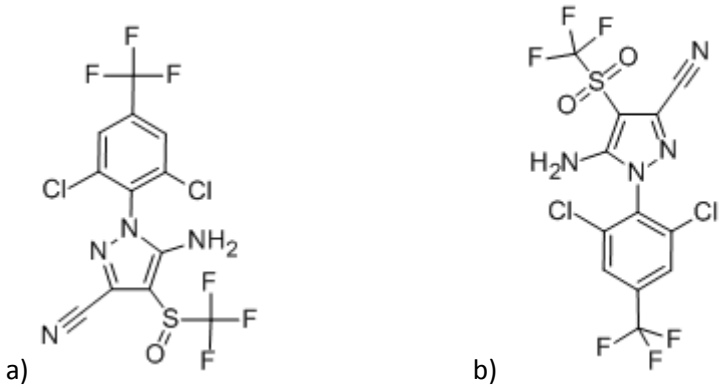



**Figura 9.** Estrutura molecular do inseticida fipronil (a) e seu metabólito fipronil sufona (b)

Fonte: http://www.chemicalbook.com.

Segundo Cox (2005) o fipronil é classificado como altamente tóxico para algumas espécies de aves (e.g. codornas, perdizes e faisões) e moderadamente tóxicos para aves aquáticas quando ingeridos via oral (Tingle et al., 2000), no qual podem ser observados sinais clínicos de letargia, anorexia, inquietação e diarreia, e em algumas situações podendo inclusive levá-las a óbito.

Além disso, este composto é considerado mais tóxico para invertebrados quando comparados aos mamíferos, tendo potencial para impactar os ambientes aquáticos em baixas concentrações, assim como os produtos da sua degradação (Konwick et a.l, 2006). Entretanto há evidencias que este composto possa bioacumular, principalmente nos peixes (Tingle et al., 2003).

A degradação do fipronil ocorre lentamente sobre a vegetação, solo e na água. É relativamente imóvel no solo e tem baixo potencial para contaminar a água subterrânea. Um dos seus principais produtos de degradação é denominado de fipronil sulfona, é considerado mais tóxico do que o composto de origem além de ser muito persistente no ambiente. Não foram encontrados estudos quantificando o fipronil em aves marinhas.

## 1.4 Poluentes orgânicos persistentes na zona temperada da América do Sul

Como os Pinguins-de-Magalhães apresentam uma época reprodutiva, na qual vão ao mar por curtos períodos de tempo para se alimentar permanecendo a maior parte do período em águas Argentinas (Frere et al., 1996; Gandini et al., 1999), eles estão expostos a contaminantes químicos provenientes, em sua maioria, deste país.

De acordo com Flores et al. (2004), apesar de a Argentina começar a regular o manuseio e o descarte dos PCBs em 1989, foi somente em 04 de maio de 2001 com a Resolução 437-209/2001 que a sua fabricação, importação e comercialização foram finalmente banidas, estipulando que equipamentos que continham PCBs deveriam ser substituídos por outros gradativamente e totalmente eliminados até 2010.

A legislação argentina regularizou a utilização dos PCBs em dois diferentes grupos: lixos perigosos e substâncias perigosas. Os lixos perigosos são regularizados pela legislação ambiental, no qual estabelece procedimentos apropriados para o tratamento e eliminação final. As substâncias perigosas são regularizadas sob a legislação do trabalho, no qual lida com todos os problemas pertinentes a saúde e segurança requeridas para o ambiente de trabalho.

Alguns pesticidas como o heptacloro foram intensamente usados até 1990 na região sudeste da província de Buenos Aires, onde a batata é o principal plantio (Menone et al., 2000). A presença de DDT no mar Chiquita (30º45' S, 62º30' W) se deve ao seu uso no passado na agricultura Argentina. Ele foi restrito em 1968 e banido em 1990 (Menone et al., 2000). Além disso, o Dicofol (acaricida), ainda usado na Argentina, contém uma quantidade significativa de DDT e seus metabólitos como impurezas de fabricação.

A grande quantidade de concentração de δ-HCH nos sedimentos é devido ao seu uso na Argentina para o controle de formigas, tratamento de solo e sementes e para controlar os insetos que afetam a saúde pública (Menone et al., 2001).

Na Argentina as concentrações de pesticidas são maiores do que os PCBs em ambientes estuarinos, o que indica que a contaminação pela agricultura é maior do que pelas indústrias (Menone et al., 2000).

No Chile, em 1984, o ministério da agricultura, através da resolução Nº 1178 de 14 de agosto deste mesmo ano, estabeleceu que “todos os pesticidas usados na agricultura, que são manufaturados, importados, ou usados no país, devem ser registrados no registro de pesticida monitorado pelo Departamento de Proteção a Agricultura no Serviço de Pecuária e Agricultura”. Esta resolução considera a necessidade de regulamentação e inspeção para se obter um detalhamento das informações baseadas nas características de cada produto usado (Celis, 1998).

Muitos trabalhos foram realizados no Chile durante os anos 80 (Cuidad, 1981; González, 1982). Eles demontraram a persistência dos pesticidas organoclorados, usados no ambiente, na carne animal e em alimentos gordurosos. Isso levou a uma legislação que baniu alguns organoclorados, como: DDT, Dieldrin, Endrin, Heptacloro, Clordano e o Aldrin (Celis, 1998).

Neste país há poucos estudos de contaminação em peixes e aves, como Muñoz et al. (1999) e Cifuentes et al. (2003). Em relação a dioxinas, furanos e PCBs, há somente um único fato analisado que demonstra a sua presença como parte de um processo produtivo na indústria da celulose e termelétricas responsáveis pela contaminação de solos e de fluxos de água, sendo que mesmo assim, não há controle sobre esses produtos (Celis, 1998).

No Uruguai, assim como em outros países, o uso de pesticidas é uma prática comum na agricultura. Em 1994, uma pesquisa sobre os pesticidas e a presença de seus resíduos foi solicitada pelo governo Uruguaio para a Universidade da Republica. Foram diagnosticados danos irreversíveis no meio ambiente, como: insetos mais resistentes, plantas doentes, perda da fauna, poluição no solo, água e ar, e presença de resíduos nos alimentos (Mañay et al., 2004).

O uso de pesticidas orgânicos começou no Uruguai depois da segunda guerra mundial. As autoridades tentaram minimizar os riscos envolvendo o uso massivo de pesticidas através de avisos técnicos aos fazendeiros que usaram o produto. Em 1958, um serviço de controle foi estabelecido a fim de evitar aplicações desnecessárias, determinando as razões para o controle, tipos de pesticidas para o tratamento e as dosagens (Boroukhovitch, 1998).

A legislação atual tende a promover um gerenciamento integrado de pesticidas na produção de frutas e vegetais, minimizando o uso de substâncias químicas. Desde fevereiro de 2002, o Ministério da Agricultura tem especificado regulamentações para cada cultura, com a preocupação na utilização das técnicas de fertilização, suplementação de água, proteção ao plantio, condições de colheita e pós colheita, e o destino final aos consumidores (Mañay et al., 2004).

Os organoclorados foram legalmente restringidos no Uruguai desde 1977, porém seu uso ainda é permitido em algumas situações, como no caso das formigas que trazem muitos prejuízos para as culturas agrícolas (Boroukhovitch, 1998).

No Brasil, as culturas de café e algodão foram as principais razões da introdução dos chamados inseticidas sintéticos, sendo o DDT e o HCH os mais empregados, tanto na agricultura como na saúde publica (Lara, 1992). Em função de suas nocivas

consequências ambientais, desde o inicio dos anos 1970 o uso de pesticidas organoclorados tem sido progressivamente restrito às aplicações específicas em diversos países do mundo (Tordoir & Van Sittert, 1994).

A portaria 329, de 02/09/85, do Ministério da Agricultura proibiu o uso de pesticidas organoclorados, exceto para órgãos públicos. Tal proibição levou à substituição dos organoclorados por pesticidas mais onerosos, de tecnologia mais recente e menos persistentes, como os organofosforados e carbamato (Constenla, 1988). Em 14 de maio de 2009, a lei 11.936 decretou a proibição, em todo o território nacional, da fabricação, da importação, da exportação, da manutenção em estoque, da comercialização e do uso de DDT.

Não há dados oficiais relativos à produção, uso e comercialização dos PBDEs no Atlântico sul ocidental. As únicas informações encontradas são que o hemisfério norte é um grande produtor deste poluente (Montory, 2006). Além disso, cabe ressaltar que o Brasil, Chile, Argentina e Uruguai importam uma grande quantidade de produtos, principalmente eletro-eletrônicos, de países onde o uso de retardantes de chama bromados é amplamente difundido.

O fipronil é um inseticida amplamente utilizado para combater pragas domésticas, como pulgas e carrapatos em todo território brasileiro. O nome comercial utilizado pela empresa Merial é Frontline®. No Chile, o fipronil também é utilizado no combate a pragas domésticas pela empresa Bayer CropScience no nome comercial de Regent® 250 FS e no combate a pragas na lavoura (Ripa et al., 2007). No Uruguai, de acordo com Cuore et al (2007), o fipronil é utilizado no combate a pragas como o carrapato na pecuária e em animais domésticos também pela empresa Merial e com o mesmo nome comercial do Brasil, Frontline®.

Boland et al. (2011 and 2012), relataram o uso de fipronil para controlar grandes infestações de formigas no Parque Nacional da Ilha Christmas, na Austrália (Oceano Indico), onde há colônias de Atobá-de-Abott *(Papasula abbotti)*. Entretanto, os efeitos deste poluente orgânico nesta população de Atobá e em aves marinhas ainda não foram estudados.

No dia 04 de janeiro no ano de 2013 foi publicada uma regulamentação no Diário a Oficial da União (DOU) em Ato conjunto da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA/Mapa) e o IBAMA, descrevendo a aplicação deste inseticida permitida apenas para algumas culturas, cujo uso da aviação agrícola é essencial, preservando o máximo possível o período de visitação das abelhas.

## 1.5 **Pinguim-de-Magalhães**

Os pinguins são aves oceânicas da ordem Sphenisciformes caracterizadas por não possuírem capacidade de vôo, pois suas asas são transformadas em nadadeiras e seus ossos não são pneumáticos. São adaptadas à vida aquática devido a capacidade de utilizarem suas asas para propulsão, fazendo com que atinjam uma velocidade de até dez metros por segundo embaixo d'água, onde podem permanecer submersas por vários minutos. Além disso, possuem a visão adaptada ao mergulho. Tais características contribuem para tornarem-se exímios pescadores (Sick, 1997; Orr, 2000; Pough et al., 2003).

Atualmente, são conhecidas de dezesseis a dezenove espécies de pinguins (Boersma, 2008), todas as espécies encontram-se no hemisfério sul. No litoral brasileiro frequentemente surgem exemplares de *Spheniscus magellanicus* Forster, 1781, o Pinguim-de-Magalhães, com a predominância de juvenis (Sick, 1997; Vooren et al., 1999; Orr, 2000; Rezende et al., 2013). Contudo, existem também registros de aparições isolada

de outras três espécies antárticas e subantárticas na costa brasileira: o Pinguim-rei *Aptenodytes patagonicus* Miller, 1778 (Pacheco et al., 1995); o Pinguim-de-testa-amarela *Eudyptes chrysolophus* Brandt, 1837 (Belton, 1978); e o Pinguim-de-penacho-amarelo *Eudyptes chrysocome* Forster, 1781 (Belton, 1978).

*Spheniscus magellanicus* é o pinguim mais abundante dentre os que vivem em áreas temperadas. Habitante das Falklands e da Patagônia Argentina e Chilena, são encontrados em regiões que atingem desde o Complexo Islote Lobos (41°25'S, 65°01'O) à Isla Grande da Tierra del Fuego (54º54'S, 67º23'O). Sua população ultrapassa um milhão de casais em idade reprodutiva (Gandini et al.,1996; Pazos et al., 2003) e a maior colônia desta espécie fica em Punta Tombo (Chubut, Argentina, 44º02'S, 65º12'O).

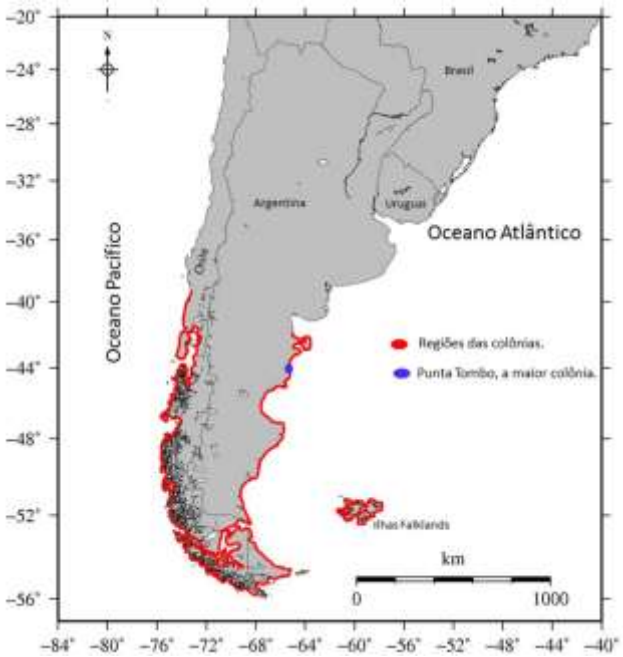



**Figura 10.** Localização das áreas reprodutivas do Pinguim-de-Magalhães.

Apresentam, ao longo do ano, uma época reprodutiva (de novembro a janeiro), na qual só vão ao mar por curtos períodos de tempo para se alimentar, permanecendo a maior parte do período em águas Argentinas e Chilenas (Frere et al., 1996; Gandini et al,

1999), e uma época oceânica (principalmente de março a setembro), quando realizam uma migração para o norte, passando o inverno na plataforma continental, em frente às costas do Uruguai e do Brasil (Stokes et al.,1998; Pazos et al., 2003; Putz et al., 2007).

De acordo com Boersma & Rebstock (2014) em Punta Tombo, os pinguins retornam para as colônias em setembro e início de outubro. As fêmeas colocam dois ovos entre outubro e novembro, sendo que a maioria deles eclodem entre meados de novembro e início de dezembro. Após o nascimento, os pais revezam-se na alimentação dos filhotes durante três a quatro semanas. A diferença entre o nascimento de um ovo para outro é de geralmente dois dias, fazendo com que o mais novo não tenha a mesma condição corpórea do que o mais velho, pois os pais alimentam mais um filhote do que o outro.

Após um mês os pais vão em busca de alimentos juntos, os filhotes são deixados sozinho e começa a formação da “creche”, ou seja muitos filhotes perto dos ninhos sem a presença dos pais. Esses juvenis vão ao mar em sua mais longa migração em janeiro ou fevereiro.

Segundo as mesmas autoras, a quantidade de casais e a qualidade dos ninhos podem mudar durante os anos, mesmo com o retorno dos adultos e a utilização dos mesmos ninhos que usaram anteriormente.

Foi observado, em outra colônia desta mesma espécie de pinguim, localizada na Isla Magdalena, em Punta Arenas, no Chile, que não havia arbustos para abrigo dos ninhos, somente buracos no solo e vegetação rasteira, como mostram as Figuras 11 a 14.

Os bandos dirigem-se ao litoral da América do Sul em busca de maior fartura de peixes e outros organismos aquáticos para alimentação, sendo sua dieta baseada em alguns tipos de peixes, além de cefalópodes e crustáceos, em menor quantidade

conforme Tabela 01, relatando a diferença de comportamento alimentar dos pinguins durante os períodos reprodutivo e pelágico, passando de estenofágicos (alimentação pouco diversificada) a eurifágicos (alimentação diversificada sem distinção do tipo ou do tamanho), resultando em um aumento da diversidade da dieta.

Esse comportamento alimentar é observado quando os animais juvenis atingem águas brasileiras, pois os animais necropsiados, pela organização não governamental SOCOBIOMA desde 2006 e por nós no Uruguai, não apresentaram, em seu conteúdo estomacal, bicos de cefalópodes, fato frequente observado no Brasil tanto na incidência dos animais quanto na quantidade encontrada nos estômagos (Pinto et al., 2008; Baldassin et al., 2010).

**Tabela 01.** Itens da dieta alimentar do Pinguim-de-Magalhães, nas colônias estudadas na Argentina e nas Falklands e, de animais encalhados no litoral do estado de Rio de Janeiro e São Paulo. [1]Sala et al, 2012; [2]Thompson, 1993, [3]Pinto *et al.,* 2008; Baldassin *et al.,* 2010.

| **Países** | **Itens Alimentares** | | |
|---|---|---|---|
| | **Peixes** | **Cefalópodes** | **Crustáceos** |
| **Argentina**[1]<br>(Pinguins adultos) | *Engraulis anchoita*<br>*Sprattus fuegensis*<br>*Merluccius hubbsi*<br>*Odontesthes smitti* | *Loligo gahi* | |
| **Falklands**[2]<br>(Pinguins adultos) | *Nototheniids*<br>*Nonnototheniid perciformes*<br>*Southern Blue Whiting*<br>*Sprattus fuegensis*<br>*Agonopsis chiloensis* | *Gonatus antarcticus*<br>*Loligo gahi*<br>*Octopodes*<br>*Illex argentinus*<br>*Martialia hyadesi*<br>*Moroteuthis ingens*<br>*Sepiolidae* | Krill (*Lobster krill*) |
| **Brasil**[3]<br>(Pinguins juvenis) | *Trichiurus lepturus* | *Argonauta nodosa*<br>*Loligo plei*<br>*Loligo sanpaulensis*<br>*Semirossia tenera* | Isópodes<br>Cracas |

**Figura 11.** Colônia de Pinguim-de-Magalhães na Isla Magdalena/ Chile.

**Figura 12**. Colônia de Pinguim-de-Magalhães em Punta Tombo/ Argentina.

**Figura 13.** Ninho de Pinguim-de-Magalhães na Isla Magdalena/ Chile.

**Figura 14**. Ninho de Pinguim-de-Magalhães em Punta Tombo/ Argentina.

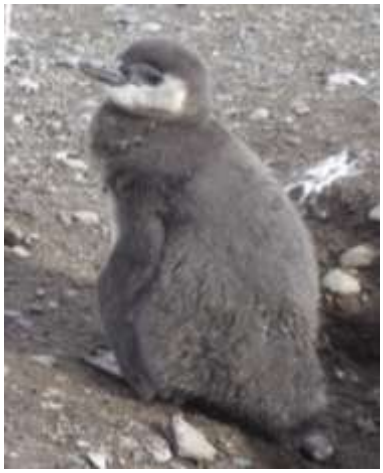


**Figura 15.** Ninhego de Pinguim-de-Magalhães na Isla Magdalena/ Chile.

**Figura 16.** Juvenil de Pinguim-de-Magalhães em Ubatuba / Brasil.

**Figura 17.** Adulto de Pinguim-de-Magalhães em Punta Tombo/ Argentina.

**Figura 18.** Juvenil de Pinguim-de-Magalhães fazendo muda e adquirindo a plumagem de sub-adulto em Ubatuba / Brasil.

Os pinguins juvenis (Fig.16) que chegam à costa brasileira estão fazendo sua primeira grande migração. Esses animais vão para o mar com aproximadamente três meses de idade, permanecendo nele durante cinco anos, indo para o continente apenas para fazer a troca de penas (Fig.18). Após esse grande período ao mar, eles voltam para suas colônias para iniciar seu ciclo reprodutivo.

Há registros de pinguins juvenis capturados em junho de 1971 no Rio de Janeiro e em julho e agosto em Santa Catarina, que haviam sido anilhados em janeiro deste mesmo ano em Punta Tombo, a 2.500 km em linha reta de distância (Sick, 1997).

A presença de pinguins nas praias do sul e sudeste brasileiro é um fenômeno natural que ocorre no inverno (Petry et al., 2004; García-Borboroglu et al., 2010). Estudos arqueológicos de sambaquis ao longo da costa do Brasil revelam camadas de conchas e fragmentos de pontas de flechas, machados, cerâmica, esqueletos humanos e esqueletos de animais, incluindo os ossos de pinguins, indicando que eles vem para a costa brasileira muito antes da colonização Portuguesa (Madu, 2000).

Várias hipóteses têm surgido para o aumento das ocorrências de pinguins no sul e sudeste brasileiro, e baseado nisto, acredita-se que durante a migração, essas aves podem sofrer inúmeras situações de estresse como variações climatológicas bruscas, privação alimentar, infestação por parasitas contra os quais a espécie não criou defesa natural, danos físicos, ação humana, poluição, predação ou ainda doenças (Gandini et al., 1994; Fowler et al., 1995; Sopezki et al*.,* 2007).

Devido a essas diversas condições, a grande maioria dos animais que chegam às praias brasileiras apresentam, como sinais clínicos: desidratação, hipotermia, caquexia e lesões traumáticas, sendo enviados aos centros de reabilitação (Xavier et al., 2007). Apenas uma pequena parte destes animais apresentam manchas de óleo pelo corpo.

**Figura 19**. Típico pinguim recebido nos centros de reabilitação. O animal é incapaz de permanecer ereto e manter a temperatura corpórea.

**Figura 20.** Cavidade interna de um Pinguim-de-Magalhães evidenciando a caquexia pela diminuição da massa muscular peitoral, proeminência do osso esterno e escassez de tecido adiposo.

As necrópsias realizadas nos centros de reabilitação evidenciaram a caquexia, parasitismo, congestão (estômago, fígado e pulmão) e ingestão de grande quantidade de detritos antropogênicos. Praticamente, no Instituto Argonauta, em Ubatuba, 90% dos animais apresentaram esses detritos no conteúdo estomacal, congestão, parasitismo e caquexia (Carvalho et al., 2010).

Outro aspecto fundamental é a hipotermia, pois essas aves possuem um metabolismo elevado, visto que sua reserva energética está escassa, muitos vão ao óbito por hipotermia devido a caquexia e, segundo Lipscomb et al. (1993), a causa da morte pela hipotermia pode ocorrer sem lesões evidenciadas pelo exame macroscópico e microscópico.

De acordo com Boersma (2008) os pinguins são considerados sentinelas do ambiente marinho e os pesquisadores, quando os observam e estudam, podem aprender sobre a taxa e a natureza das mudanças que ocorrem nos oceanos austrais.

# 2 OBJETIVOS

## 2.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo avaliar a ocorrência de poluentes orgânicos com ênfase para os Pesticidas Organoclorados (POCs), Bifenilos Policlorados (PCBs), Difenis Éter Polibromado (PBDEs) e Fipronil em Pinguim-de-Magalhães, *Spheniscus magellanicus,* encontrados mortos ou que vieram a óbito em centros de reabilitação em países da América do Sul (Brasil, Uruguai e Chile), contribuindo para a compreensão da dinâmica desses poluentes no Hemisfério Sul .

## 2.2 Objetivos específicos

- Verificar a ocorrência e distribuição de pesticidas organoclorados, POCs, PCBs e PBDEs em fígado de Pinguim-de-Magalhães;
- Determinar a presença de Fipronil em fígado de Pinguim-de-Magalhães;
- Comparar o acúmulo de POPs no Pinguim-de-Magalhães entre os locais de reprodução (Chile) e de migração (Uruguai e Sul/Sudeste do Brasil);
- Avaliar a tendência temporal de POPs na última década no sul da América do Sul;
- Avaliar a ocorrência de POPs na glândula uropigiana de Pinguim-de-Magalhães.

# 3 MATERIAL E MÉTODOS

## 3.1 Amostragem

Foram coletadas 116 aves (Tabela 02), no período de 2008 a 2012, exceto 2009, sendo que a maioria dos animais eram juvenis (85,4%) e o restante sub-adultos ou adultos (14,6%).

Oito instituições forneceram amostras de fígado de animais que vieram a óbito nos centros de reabilitação ou que foram encontrados mortos em monitoramento de praia. Os centros de reabilitação de animais marinhos no Brasil são: Instituto Argonauta para a Conservação Costeira e Marinha (Ubatuba/SP), Aquário de Ubatuba (Ubatuba/SP), Instituto Gremar (Guarujá/SP), Associação R3 Animal (Florianópolis/SC) e Ceclimar (Imbé/RS). As organizações colaboradoras no Chile são: Natura Patagonia (Punta Arenas) e Universidad de San Sebastian (Concepción). E no Uruguai é a organização não governamental SOCOBIOMA (Punta del Leste/ Maldonado). As amostras de glândula uropigiana foi fornecida pelo Instituto Argonauta para a Conservação Costeira e Marinha (Ubatuba/SP).

As necrópsias foram realizadas segundo Hocken, (2002) e as amostras biológicas para este estudo foram armazenadas separadamente em papel alumínio e congeladas a -20ºC, de acordo com o protocolo estabelecido e fornecido às instituições (Anexo 01).

As licenças emitidas pelos órgãos governamentais de cada país foram: SISBIO 25671-4, para coleta e transporte de amostras brasileiras e as licenças Cites para o Chile 11BR006762/DF, 11BR007364/DF e para Uruguai 11BR007365/DF. A Licença para retirada de amostras do Uruguai foi emitida dia 20 de janeiro de 2012. A licença para a retirada de amostras do Chile, nº 31994, emitida dia 17 de janeiro de 2012.

**Tabela 02.** Local de encalhe e ano de coleta de Pinguins-de-Magalhães analisados neste estudo. Sudeste do Brasil está representado pelo estado de São Paulo (SP) e Rio de Janeiro (RJ) e o Sul está representado pelos estados de Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS).

| Número de indivíduos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Local de encalhe** | **2008** | **2010** | **2011** | **2012** | **Total** |
| Sudeste do Brasil (SP e RJ) | 37 | 12 | 14 | 11 | **74** |
| Sul do Brasil (SC e RS) | | 6 | 13 | 9 | **28** |
| Uruguai | | | 10 | | **10** |
| Chile | | | 4 | | **4** |
| **Total por ano** | **37** | **18** | **41** | **20** | **116** |

## 3.2 Localização

Este estudo abrangeu três países, Brasil, Uruguai e Chile. A Argentina também seria incluída porém o governo deste país não disponibilizou as licenças de coleta e de transporte de material biológico.

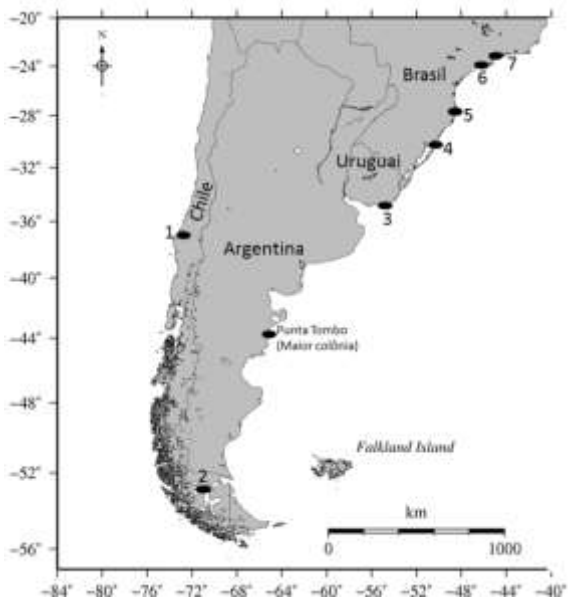



**Figura 21.** Localização das instituições que forneceram amostras. **1** Universidad de San Sebastian, Concepcion/Chile; **2** Natura Patagonia, Punta Arenas/Chile; **3** SOCOBIOMA, Maldonado/Uruguai; **4** CECLIMAR, Imbé/Rio Grande do Sul/Brasil; **5** Associação R3 Animal, Florianópolis/Santa Catarina/ Brasil; **6** GREMAR, Guarujá/São Paulo/ Brasil; **7** Instituto Argonauta/Aquário de Ubatuba/Ubatuba/São Paulo/ Brasil.

## 3.3 Análises

As análises para determinação de organoclorados e organobromados foram realizadas no Laboratório de Química Orgânica Marinha (Lab-QOM) do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP) utilizando procedimento metodológico adaptado de MacLeod *et al.* (1986). As análises de Fipronil foram realizadas no Department of Physiological Sciences and the Center for Environmental and Human Toxicology da Universidade da Flórida, nos Estados Unidos.

### 3.3.1 Cuidados analíticos

Toda a vidraria utilizada nas análises foi previamente lavada com detergente Extran alcalino Mercke enxaguada em água corrente. Depois de seca foi coberta com alumínio e levada a mufla durante 4 horas a 450 ºC. Os materiais volumétricos assim como as colunas de purificação, após serem enxaguadas em água corrente e secas a temperatura ambiente foram lavadas com n-hexano/diclorometano (1:1) e n-hexano imediatamente antes da utilização.

A água utilizada na desativação da sílica e da alumina foi purificada através de extrações com n-hexano. O sulfato de sódio, a sílica gel e a alumina foram levados por 4 horas a 450 ºC e mantidos em um dessecador até o uso.

### 3.3.2 Soluções padrões

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

A mistura de OCs continha pesticidas (DDTs, HCHs, ciclodienos, entre outros) e bifenilos policlorados (PCBs). Ambas as misturas possuíam concentração de 1,0 ng $\mu l^{-1}$.

A solução de surrogate para os organoclorados continha o PCB 103 e o PCB 198 e a solução de Padrão interno (PI) continha o composto TCMX (2,3,5,6-tetracloro-*m*-xileno), todos em concentração de 1,0 ng $\mu l^{-1}$.

### 3.3.3 Curva analítica

A curva analítica para os PCBs e pesticidas foi montada com nove pontos, com as seguintes concentrações: 1, 5, 10, 20, 50, 80, 100, 150 e 200 pg $\mu l^{-1}$. Para todas as curvas foi considerado um coeficiente de correlação maior ou igual a 0,995.

A identificação dos pesticidas foi feita baseando-se nos tempos de retenção no cromatograma. Para a identificação dos PCBs além dos tempos de retenção, também foram utilizados as razões massa/carga (m/z) dos íons de quantificação e confirmação. A quantificação de todos os compostos foi feita em relação à área dos picos.

As curvas foram constantemente 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.

### 3.3.4 Preparação das amostras para a análise de organoclorados e Fipronil

Para a análise de organoclorados foram utilizadas amostras de fígado e glândula uropigiana das aves. As porções de tecido hepático utilizados foram cortados da parte interna da amostra original para evitar contaminações que poderiam ter ocorrido na superfície. A glândula uropigiana, localizada na região dorsal da base caudal do animal, é bilobada e tem como função a impermeabilização das penas atuando na termorregulação. Ela pode ser utilizada mesmo em animais em estado de severa caquexia, o que contribui para a análise, uma vez que a glândula é uma estrutura de fácil identificação, acesso e coleta (Figs. 22 e 23). A glândula foi seccionada transversalmente pois apresenta

filamentos que produzem a secreção, conforme Figs. 24 e 25. As amostras foram pesadas em papel alumínio utilizando-se uma balança analítica.

**Figura 22.** Localização da glândula uropigiana (seta).

**Figura 23.** Glândula uropigiana.

**Figura 24.** Apresentação da glândula uropigiana.

**Figura 25.** Filamentos da glândula uropigiana.

### 3.3.5 Extração

As amostras de tecido hepático e da glândula uropigiana (0,25 g) foram maceradas com cerca de 10 g de sulfato de sódio anidro. Em cada uma das amostras, adicionou-se 100 µl (de 1 ng $\mu l^{-1}$) de cada um dos padrões surrogate (PCB 103 e PCB 198).

As amostras foram extraídas em Soxhlet por 8 h com 80 ml de n-hexano e diclorometano (1:1). O extrato foi concentrado a 1,0 ml, e 0,1 ml retirado para determinação de lipídios.

As amostras de tecido hepático para análise de fipronil foram liofilizadas e 0,20 g foram colocadas em um vial de vidro de 4 ml. Adicionou-se 50 µl de de 2ng/µL de TCMX (100 ng ) e 10 ml de hexano : acetato de etila (1:1 v/v) no frasco, misturando em vortex por 1 minuto. Os frascos foram homogeneizados em banho maria (125 rpm em 32ºC) por 1 hora. Cada amostra foi submetida ao sonicador desmembrador por 5 minutos e centrifugados por 10 minutos a 1300 rpm. A camada orgânica foi retirada, utilizando pipetas Pasteur de vidro, e evaporadas com nitrogênio até secá-las, deixando somente os lipídeos no frasco. Este foi recuperado com 1 ml de acetonitrila.

### 3.3.6 Purificação

As amostras para análise dos POPs foram submetidas a cromatografia de adsorção em uma coluna contendo 16 g de alumina sobre 8 g de sílica, ambas 5 % desativadas com $H_2O$ pré-extraída com n-hexano. No topo da coluna (sobre a alumina) adicionou-se aproximadamente 1,5 cm de sulfato de sódio. As amostras foram eluídas com 80 ml de diclorometano/n-hexano 50 % (v/v).

A cromatografia de adsorção elimina alguns lipídios, pigmentos e partículas da amostra. Porém, no caso de amostras biológicas, esse processo não é suficiente para a 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 em n-hexano e submetidas à cromatografia a líquido de alta eficiência (HPLC), utilizando-se diclorometano como eluente. 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 lipídeos, foi coletada a partir do início da corrida

até aproximadamente 30 minutos, e posteriormente foi descartada. A segunda fração (de 30 a 43 minutos), que continha os compostos de interesse para a análise, foi concentrada e recuperada em n-hexano. O padrão interno TCMX (2,3,5,6-tetracloro-*m*-xileno) foi então adicionado, obtendo-se um volume final de 0,9 ml.

Para as amostras com Fipronil, o extrato orgânico foi coletado e filtrado usando uma seringa com filtros de polipropileno de poro com tamanho de 0,45 micrômetros e colocados em frascos de vidros previamente pesados.

### 3.3.7 Estimativa da quantidade de lipídios extraíveis

O peso lipídico, do tecido hepático e da glândula uropigiana, foi calculado separando-se uma alíquota de 0,1 ml do extrato concentrado. Este volume foi colocado 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 final foi utilizada no cálculo da porcentagem de lipídios. A equação utilizada foi:

$$\textit{Lipídios extraíveis} = \frac{\text{resíduo (mg) x volume total do extrato (ml)}}{\text{vol. alíquota (ml) x quantidade de amostra extraída (g)}}$$

### 3.3.8 Estimativa do peso seco

Aproximadamente 1 g de amostra (fígado e glândula uropigiana) foi seco em uma estufa à temperatura de 50°C até peso constante. Utilizando o valor obtido através da repesagem do material, calculou-se o peso seco da amostra com a seguinte equação:

$$\textit{Peso seco} = \frac{\text{peso do frasco com amostra (mg) x peso do frasco vazio (mg)}}{\text{peso do frasco com amostra (mg) – peso do frasco (mg)}}$$

### 3.3.9 Análise dos compostos por cromatografia em fase gasosa (CG)

Para a análise de PCBs e PBDEs os extratos foram injetados em um cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massas, 5973N da Agilent Technologies® com impacto de elétrons (EI). O equipamento operou no modo de monitoramento seletivo de íons (SIM) (70eV). A coluna utilizada foi a HP 5MS da Agilent com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura de filme de 5% fenil metilsiloxana.

Para os PCBs a rampa de temperatura utilizada na separação dos compostos teve início em 75ºC, permanecendo por 3 min, quando começou a subir a uma taxa de 15 ºC $min^{-1}$ até atingir 150 ºC, depois subiu até 260 ºC a uma taxa de 2 ºC $min^{-1}$ e então subiu até 300 ºC a uma taxa de 20 ºC $min^{-1}$, mantendo-se isotérmico nessa temperatura por 10 min, totalizando 66 min. O gás de arraste utilizado foi o hélio com vazão constante de 1,1 ml $min^{-1}$, a temperatura da interface a 280ºC, temperatura da fonte a 300ºC e temperatura do quadrupolo a 200ºC. O volume injetado foi de 1 µL no modo sem divisão de fluxo (splitless).

Para a análise de pesticidas organoclorados os extratos foram injetados em um cromatógrafo a gás acoplado a detector de captura de elétrons 6890 da Agilent Technologies®. O gás de arraste usado foi o hidrogênio com pressão constante de 13,00 psi. A coluna utilizada foi a HP 5MS da Agilent com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura de filme de 5% fenil metilsiloxana. A rampa utilizada na separação dos compostos permaneceu em 70 ºC por 1 min, elevou-se a 170ºC (40ºC $min^{-1}$), 240ºC (1,5ºC $min^{-1}$) e então subiu até 300ºC, a 15ºC $min^{-1}$, mantendo-se constante nessa temperatura por 5 min, totalizando 61,16 min. As temperaturas do injetor e do detector eram de 280ºC e 320ºC, respectivamente. Nitrogênio foi utilizado

como gás auxiliar (make up) com um fluxo de 60 ml $min^{-1}$. O volume injetado foi de 2 µL no modo sem divisão de fluxo (splitless).

Para as análise de Fipronil foi utilizado um cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massas.

### 3.3.10 Limite de detecção do método

O limite de detecção de um método (LDM) é definido como a concentração mínima de uma substância que pode ser medida com 95% de confiança de que essa concentração é maior que zero e que pode ser determinada em uma matriz contendo o analito. Uma das maneiras de realizar o LDM é através da quantificação de uma pequena quantidade de analitos adicionados a uma matriz que não contenha os compostos em estudo ou que apresente baixas concentrações dos analitos. Para o cálculo do limite de detecção adotou-se três vezes o valor do desvio padrão de cada um dos compostos em sete replicatas (Wade & Cantillo, 1994).

Para a realização do limite de detecção utilizou-se 0,25 g do fígado de um espécime de raia-ticonha *Rhinoptera bonasus*, coletada em Ubatuba, litoral norte de SP. Foram realizadas 12 replicatas (no qual foram escolhidas as 7 melhores) da amostra que foi fortificada com uma solução contendo os analitos de interesse.

O limite de detecção para os pesticidas organoclorados variou de 0,19 a 0,47 ng $g^{-1}$ (Tabela 03), enquanto que para os PCBs este intervalo foi de 0,30 a 1,09 ng $g^{-1}$ (Tabela 04) e para os PBDEs foi de 0,76 a 1,06 ng $g^{-1}$ (Tabela 05). Para efeito de cálculo, os valores abaixo do limite de detecção do método foram considerados nulos.

**Tabela 03.** Limite de detecção do método para pesticidas organoclorados em ng $g^{-1}$.

| COMPOSTO | LDM | COMPOSTO | LDM |
|---|---|---|---|
| **α-HCH** | 0.31 | **Endossulfan I** | 0.27 |
| **HCB** | 0.30 | **α-Clordana** | 0.45 |
| **β-HCH** | 0.43 | **Dieldrin** | 0.23 |
| **ɤ-HCH** | 0.36 | ***pp*'-DDE** | 0.27 |
| **δ-HCH** | 0.41 | ***op*'-DDD** | 0.20 |
| **Heptacloro** | 0.22 | **Endrin** | 0.28 |
| **Aldrin** | 0.22 | **Endossulfan II** | 0.42 |
| **Isodrin** | 0.33 | ***pp*'-DDD** | 0.29 |
| **Heptacloro Ep.A** | 0.42 | ***op*'-DDT** | 0.31 |
| **Oxiclordana** | 0.47 | ***pp*'-DDT** | 0.28 |
| **Heptacloro Ep.B** | 0.41 | **Metoxicloro** | 0.32 |
| **γ-Clordana** | 0.34 | **Mirex** | 0.41 |
| ***op*'-DDE** | 0.19 | | |

**Tabela 04.** Limite de detecção do método para PCBs em ng $g^{-1}$.

| COMPOSTO | LDM | COMPOSTO | LDM | COMPOSTO | LDM |
|---|---|---|---|---|---|
| **PCB 8** | 0.38 | **PCB 99** | 0.58 | **PCB 158** | 0.53 |
| **PCB 18** | 0.43 | **PCB 101** | 0.30 | **PCB 167** | 0.72 |
| **PCB 28** | 0.49 | **PCB 105** | 0.51 | **PCB 169** | 0.53 |
| **PCB 31** | 0.48 | **PCB 110** | 0.48 | **PCB 170** | 0.53 |
| **PCB 33** | 0.41 | **PCB 114** | 0.43 | **PCB 174** | 0.71 |
| **PCB 44** | 0.58 | **PCB 118** | 0.56 | **PCB 177** | 0.56 |
| **PCB 49** | 0.48 | **PCB 123** | 0.50 | **PCB 180** | 0.62 |
| **PCB 52** | 0.54 | **PCB 126** | 0.66 | **PCB 183** | 0.75 |
| **PCB 56/60** | 0.41 | **PCB 128** | 0.45 | **PCB 187** | 0.77 |
| **PCB 66** | 0.57 | **PCB 132** | 0.58 | **PCB 189** | 0.60 |
| **PCB 70** | 0.52 | **PCB 138** | 0.46 | **PCB 194** | 1.09 |
| **PCB 74** | 0.49 | **PCB 141** | 0.44 | **PCB 195** | 1.01 |
| **PCB 77** | 0.51 | **PCB 149** | 0.58 | **PCB 199** | 0.58 |
| **PCB 81** | 0.52 | **PCB 151** | 0.60 | **PCB 203** | 0.63 |
| **PCB 87** | 0.41 | **PCB 153** | 0.38 | **PCB 206** | 1.02 |
| **PCB 95** | 0.54 | **PCB 156** | 0.59 | **PCB 209** | 0.74 |
| **PCB 97** | 0.46 | **PCB 157** | 0.73 | | |

**Tabela 05.** Limite de detecção do método para PBDEs em ng $g^{-1}$.

| COMPOSTO | LDM |
|---|---|
| **PBDE 28** | 0.86 |
| **PBDE 47** | 0.82 |
| **PBDE 100** | 0.81 |
| **PBDE 99** | 0.76 |
| **PBDE 154** | 0.80 |
| **PBDE 153** | 0.85 |
| **PBDE 183** | 1.06 |

O limite de detecção do método para Fipronil foi de 20 ng $g^{-1}$.

### 3.3.11 Controle de qualidade

Para verificar a precisão e exatidão das análises foi realizado um controle de qualidade contendo um branco, um branco fortificado (spike), uma matriz e sua duplicata e a matriz fortificada (spike) segundo está descrito em Wade & Cantillo (1994).

O padrão surrogate foi usado para corrigir as variações no procedimento, sendo que este devia ser recuperado entre 50 e 120 %, pois caso contrário a análise seria repetida. Desta forma, os surrogates foram adicionados em todas as amostras e brancos antes da extração.

Para os organoclorados, o cálculo da recuperação do surrogate foi realizado utilizando a relação de área entre o PCB-103 e o TCMX.

O branco foi usado para avaliar se havia contaminação durante todo o processo analítico, sendo que os valores encontrados no branco foram descontados de todo o restante das amostras. A duplicata foi usada 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 (spike) foi utilizada para verificar a eficiência do método com influência da matriz a ser analisada.

Antes da extração, adicionou-se 100 µl da solução de surrogates. Na matriz fortificada (spike) e no branco fortificado (spike) foram adicionados também 50 µl de cada uma das misturas contendo os compostos a serem analisados (PCBs, pesticidas e PBDEs).

### 3.3.12 Material de referência certificado

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,1993).

Para a validação da metodologia desenvolvida no presente trabalho foi usado o SRM 1945 (Standard Reference Material 1945 – Organics in Whale Blubber), que é composto de um homogenizado de gordura subcutânea ("blubber") de uma baleia piloto (*Globicephala melaena*) (fêmea adulta) proveniente de encalhe em Cape Cod, Massachussets (EUA) em setembro de 1991. O SRM usado no presente trabalho foi obtido do NIST (National Institute of Standards and Technology) dos Estados Unidos. A quantidade de SRM utilizado nesta análise foi de 0,50 g.

De acordo com o critério de aceitação em programas desenvolvidos pelo programa "National Status and Trends" (NS&T) do NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (Wade & Cantillo, 1994), a metodologia é considerada confiável se 80% dos compostos analisados estiverem dentro da faixa apresentada no certificado ± 35%.

### 3.3.13 Identificação

A identificação dos compostos foi realizada através de comparações entre as ordens de eluição e os tempos de retenção dos analitos de interesse com os padrões da *Accustandard, USA.* Os congêneres de PCBs e PBDEs foram identificados através de íons específicos formados da quebra da molécula no espectrômetro de massas operado em modo de monitoramento seletivo de íons.

As Tabelas 06 e 07 apresentam os íons característicos para a identificação e quantificação dos congêneres de PCBs e PBDEs.

**Tabela 06.** Congêneres de PCB e os três íons para cada nível de cloração.

| Nível de Cloração | Congêneres | Íon de quantificação | Íon secundário | Íon Terciário |
|---|---|---|---|---|
| **Cl 2** | PCB 04-15 | 222 | 224 | 226 |
| **Cl 3** | PCB 16-39 | 255,95 | 257,95 | 259,95 |
| **Cl 4** | PCB 40-81 | 291,9 | 289,9 | 293,9 |
| **Cl 5** | PCB 82-127 | 325,9 | 323,9 | 327,9 |
| **Cl 6** | PCB 128-169 | 359,9 | 362,9 | 363,9 |
| **Cl 7** | PCB 170-193 | 393,8 | 395,8 | 397,8 |
| **Cl 8** | PCB 194-205 | 429,75 | 427,75 | 431,75 |
| **Cl 9** | PCB 206-208 | 463,7 | 427,7 | 431,7 |
| **Cl 10** | PCB 209 | 487,7 | 499,7 | 495,7 |

**Tabela 07.** Congêneres de PBDEs e os três íons para cada nível de bromação.

| Nível de Bromação | Congêneres | Íon de quantificação | Íon secundário | Íon Terciário |
|---|---|---|---|---|
| **Br 1** | Br 01-03 | 248 | 250 | - |
| **Br 2** | Br 04-15 | 327,9 | 325,9 | 329,9 |
| **Br 3** | Br 16-36 | 405,8 | 407,8 | 409,8 |
| **Br 4** | Br 40-81 | 485,7 | 483,7 | 487,7 |
| **Br 5** | Br 82-127 | 536,6 | 565,6 | 561,6 |
| **Br 6** | Br 128-169 | 643,55 | 641,55 | 645,5 |
| **Br 7** | Br 170-193 | 721,45 | 723,45 | 719,45 |

Os animais estudados foram agrupados entre as regiões de migração (Brasil e Uruguai) e de reprodução (Chile). O Brasil compreende as regiões: sul (Rio Grande do Sul e Santa Catarina) e sudeste (São Paulo e Rio de Janeiro).

Para verificar as diferenças entre as concentrações nos tecidos analisados e para comparação das concentrações de poluentes entre as regiões foi utilizado teste não-paramétrico Kruskal-Wallis (KW). As análises estatísticas foram realizadas através do programa SigmaStat 3,1, com nível de significância de 5% ($p<0,05$).

# 4 RESULTADOS / DISCUSSÃO

Os poluentes orgânicos persistentes (POPs) foram encontrados em 100% dos fígados dos indivíduos analisados, sendo que as maiores concentrações foram: PCBs > DDTs ~ HCB ~ Drins > PBDEs. As concentrações de todos os compostos analisados em cada um dos indivíduos e cromatogramas de PCBs, pesticidas e PBDEs podem ser observadas nos Apêndices 01 a 23.

A biomagnificação de PCBs e DDTs em aves é muito maior do que de outros organoclorados (Kawano et al., 1986; Guruge et al., 1997), o que sugere diferenças no metabolismo e excreção destes compostos (Guruge et al., 2001).

Todos os animais estudados foram considerados jovens (de um a cinco anos de vida), não aptos a reprodução, pois em nenhuma instituição houve confirmação histológica de maturação sexual de gônadas e com isso não podemos afirmar que os indivíduos com plumagem de adultos (aptos a se reproduzirem) são de fato adultos com mais de 5 ou 6 anos.

Os contaminantes químicos em aves juvenis têm recebido pouca atenção de acordo com Drouillard et al. (2007), mesmo que eles estejam em um período de vida sensitivo a esses contaminantes e sendo amostras mais adequadas de serem coletadas para programas de biomonitoramento. Durante a rápida fase de crescimento, os juvenis mostram uma diluição dos resíduos tóxicos, na qual pode ser explicada pela dieta ontogenética substituindo os lipídeos contaminados do saco vitelínico para ítens pouco contaminados na fase de crescimento.

## 4.1 Bifenilos Policlorados (PCBs) em fígado de Pinguim-de-Magalhães

As concentrações de PCBs em fígado de pinguins variaram (em ng $g^{-1}$ peso úmido) de 9,9 a 818,2 (2008), 203,1 a 835,3 (2010),13,3 a 230,7 (2011) e de 0,5 a 142,7 (2012) para os animais encontrados na região sudeste do Brasil. Na região sul variaram de 3,2 a 560,8 (2010), 24,4 a 456,6 (2011) e 4,3 a 492,5 (2012). As Figuras 26 e 27 mostram a somatória das concentrações de PCBs encontradas em fígado de Pinguim-de-Magalhães no sudeste (SE) e sul (S), respectivamente, entre os anos de 2008, 2010, 2011 e 2012.

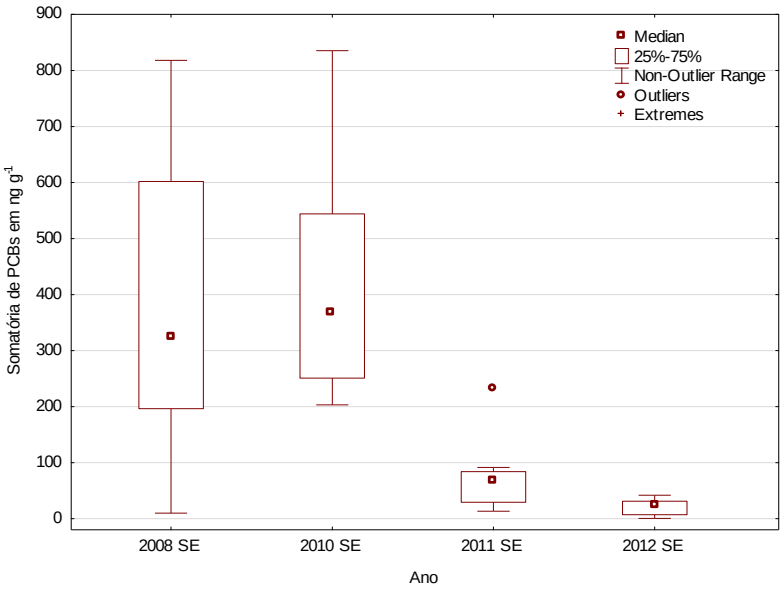



**Figura 26.** Somatória dos PCBs na região sudeste (SE) brasileira entre os anos de 2008 a 2012 (exceto 2009), em ng $g^{-1}$ peso úmido.

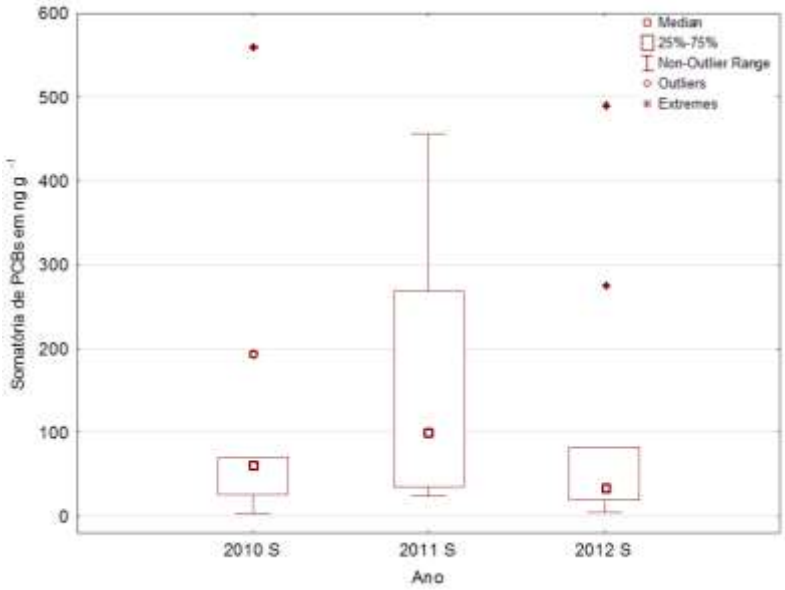



**Figura 27.** Somatória dos PCBs na região sul (S) brasileira entre os anos de 2010 a 2012, em ng $g^{-1}$ peso úmido.

Nota-se que a região sudeste exibiu uma diminuição de uma ordem de grandeza na média das somatórias das concentrações nos anos de 2011 e 2012 em relação aos anos anteriores. Essa diminuição não foi demonstrada na região sul, onde não notamos

mudanças significativas na média das somatórias entre os mesmos anos estudados. Somente no ano de 2010, a média da concentração nesta região foi de uma ordem de grandeza menor do que a região sudeste, os anos seguintes as regiões se igualaram, com médias abaixo de 100 ng $g^{-1}$ peso úmido.

Agrupando as regiões brasileiras estudas, notamos que entre os anos de 2008 a 2010, não houve alteração significativa entre as médias das somatórias, porém nos dois anos seguintes, 2011 e 2012, houve o decréscimo de uma ordem de grandeza na média das somatórias, conforme mostra Fig. 28.

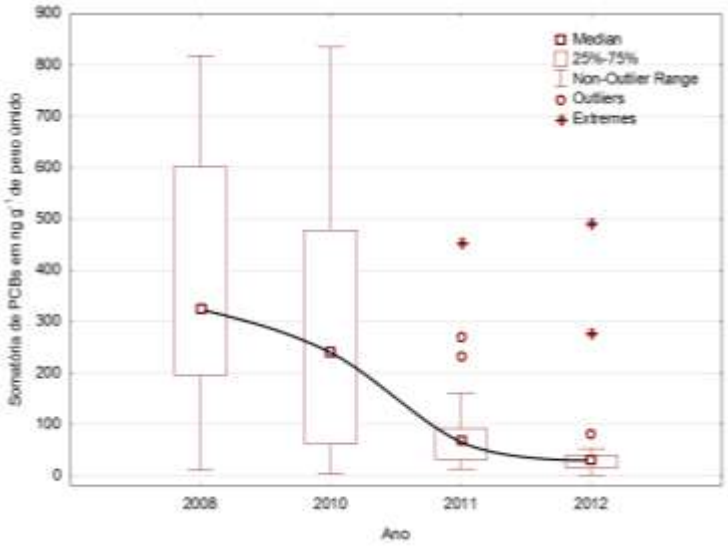



**Figura 28.** Somatória dos PCBs no Brasil entre os anos de 2008 a 2012, em ng $g^{-1}$ peso úmido. Nota-se o declínio na média das somatórias em uma ordem de grandeza nos anos 2011 e 2012.

Analisando mais amplamente a contaminação dos PCBs nos locais onde as amostras foram encontradas, no ano de 2011, destacaremos as regiões de reprodução (Chile) e de migração (Brasil e Uruguai). A região de reprodução mostrou o valor da média das somatórias de PCBs acima de uma ordem de grandeza quando comparados aos valores obtidos na região de migração, como mostra a Fig. 29.

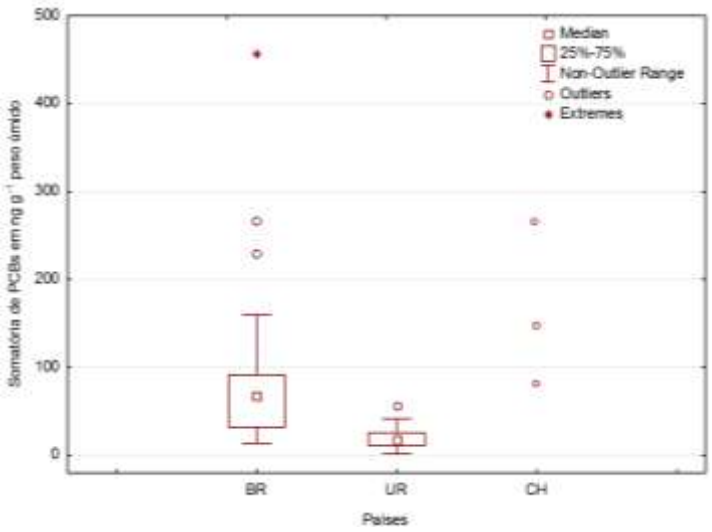



**Figura 29**. Somatória dos PCBs no Brasil (BR) n=17, Uruguai (UR) n=10 e Chile (CH) n= 3, no ano de 2011, em ng $g^{-1}$ peso úmido.

Esse valor pode ser relacionado ao fato destes animais terem sido encontrados em uma área chilena, Concepción, considerada a maior região industrializada do país (Pérez, 1999). Entretanto em relação ao Brasil e Uruguai encontramos valores um pouco superiores entre ambos, sendo que ambas as médias ficaram baixo de 100 ng $g^{-1}$.

Os fatores que possam ter influenciado na diminuição das médias dos PCBs entre a área de reprodução e migração podem ser pelo nível de caquexia que esses animais se encontravam, uma vez que a escassez de peixe faz com que sua alimentação seja a base de cefalópodes, cuja concentração de proteína e gordura difere em relação aos peixes. Adiciona-se também ao fato dos pinguins gastarem muita energia no mar para o seu deslocamento. Porém, os animais encontrados no Uruguai não apresentavam bicos de cefalópodes no estômago, ao contrário dos encontrados no litoral do Brasil, no qual se destacam como um dos principais itens alimentares (Pinto et al., 2008; Baldassin et al., 2010). De Boer & Wester (1991) relatam que a possibilidade de encontrar concentrações baixas de PCBs em pinguins antárticos como o Pinguim-Papua, *Pygoscelis papua,* pode ocorrer devido à dieta de lulas e as concentrações destes contaminantes nos cefalópodes

encontrados nas Falklands foram inferiores a 0,3 µg $kg^{-1}$ de peso úmido, o que diminuiria a concentração destes contaminantes no organismo destas aves.

Inomata *et al*. (1996) encontraram concentrações de PCBs no fígado de pinguins antárticos, como *P. papua* de 0,1-0,9 ng $g^{-1}$ peso úmido e para *Pygoscelis adeliae* 0,2 – 0,3 ng $g^{-1}$ peso úmido. Subramanian et al. (1986) encontraram de 0,28 a 0,83 ng $g^{-1}$ peso úmido em *P. adeliae*. De Boer & Wester (1991) encontraram concentrações de <0,4 - 0,9 ng $g^{-1}$ peso úmido no fígado de *Pygoscelis papua*. As concentrações máximas de PCBs encontradas para *Spheniscus magellanicus* atingiram até três ordens de grandeza superior do que os trabalhos acima citados. Como as aves analisadas neste trabalho utilizam a América do Sul como área de colônia e pertencem a espécies diferentes daquelas analisadas pelos autores acima, atenção na comparação dos resultados é necessária, pois tanto *P. papua* quanto *S. magellanicus* se alimentam de pequenos peixes, crustáceos e cefalópodes, porém *P. adeliae* tem 70% da sua dieta baseada em crustáceos, como o krill.

A Fig. 30 mostra uma comparação entre os congêneres de PCBs encontrados nesta análise em comparação com Inomata et al. (1996), destacando-se que apenas a porcentagem de ocorrência dos PCB 52, 18 e 44 superaram à do atual estudo.

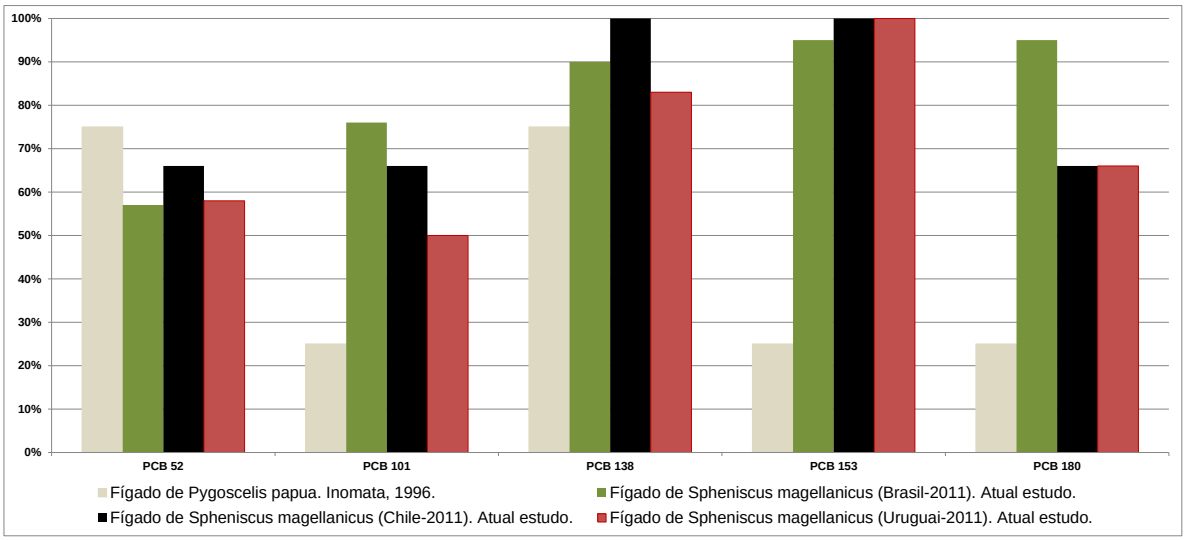



**Figura 30.** Comparação (%) entre a ocorrência de congêneres de PCBs em fígado de pinguins *Pygosdcelis papua*, Inomata et al (1996) e *Spheniscus magellanicus* no atual estudo.

Dentre os congêneres individuais, foram predominantes os PCB 153, 138, 180 e 187 conforme Fig. 31. A predominância desses congêneres está relacionada ao número de cloros (06, 07 e 07, respectivamente) e sua estrutura, sendo que aqueles que apresentam posição orto/meta, como os PCBs 138, 153 e 180 têm baixa taxa de excreção em aves e mamíferos, com a tendência a acumular nestes organismos (Covaci et al., 2002).

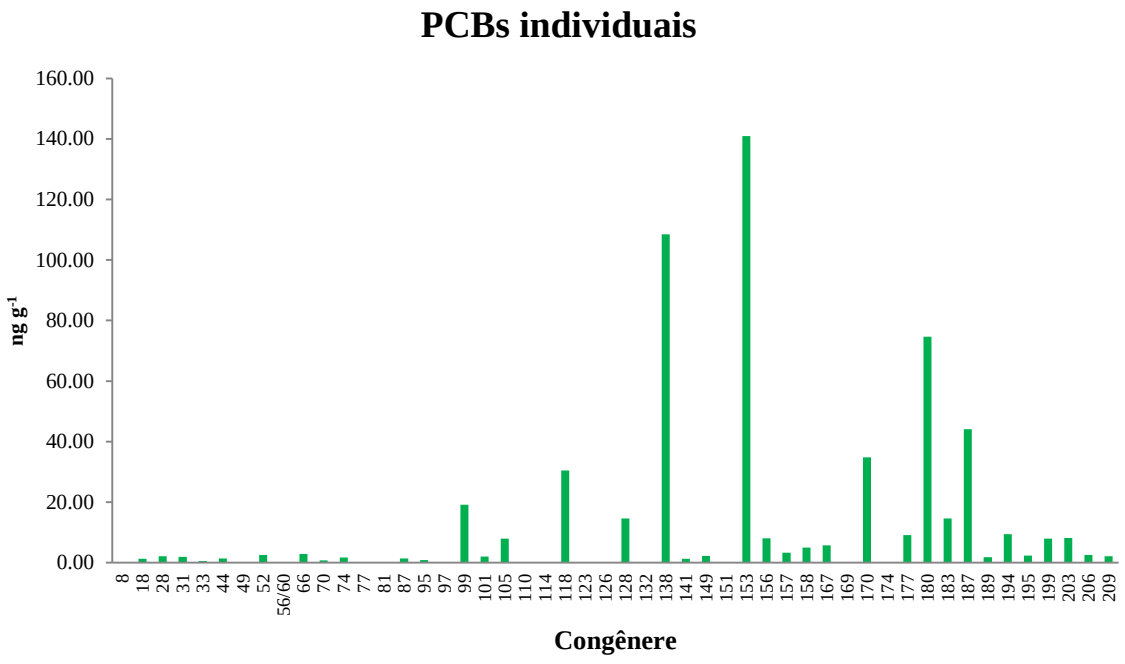



**Figura 31.** Concentração de congêneres de PCBs em fígado de *Spheniscus magellanicus* encontrado na região sudeste do Brasil (2008).

As aves, em sua maioria, são capazes de eliminar os congêneres de PCBs de baixo peso molecular, o que resulta na acumulação de um grupo similar de compostos (Norstrom et al., 1988). Portanto a acumulação de congêneres de PCBs com maior peso molecular ocorre devido à capacidade de eliminação do que em função da variação na capacidade de absorção (Drouillard et al., 2001).

Entre os PCBs houve predominância de congêneres com seis cloros seguido por compostos com sete e cinco cloros (Fig. 32).

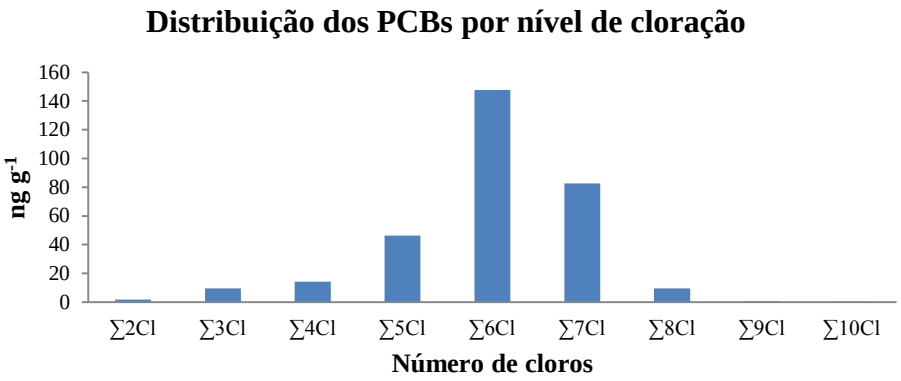



**Figura 32.** Nível de cloração média dos PCBs encontrados em fígado de *Spheniscus magellanicus*.

De acordo com Yamashita et al. (1993), níveis com 3 a 4 ordem de grandeza superior ao atual estudo foram detectados em ovos de *Phalacrocorax auritus* e *Hydroprogne cáspia*, respectivamente na região dos grandes lagos na América do Norte, os efeitos sub-letais dos PCBs em aves marinhas são: mudanças nas atividades enzimáticas, diminuição da resistência contra agentes patogênicos, peso e mobilidade, crescimento deficiente, falha na osmorregulação e no metabolismo do cálcio resultando em cascas de ovos muito fina, afetando assim a reprodução.

## 4.2 Pesticidas organoclorados em fígado de Pinguim-de-Magalhães

As concentrações de pesticidas organoclorados no fígado de *S. magellanicus* nas regiões Sudeste e Sul do Brasil variaram entre os anos de 2008 a 2012, em ng $g^{-1}$ peso úmido. Dentre os pesticidas organoclorados o HCB foi o mais prevalente, sendo encontrado em 93% das amostras de fígado de Pinguim-de-Magalhães, variando em ng $g^{-1}$ peso úmido de 0,89 a 134 na região sul e 2,22 a 419 na região sudeste, Fig. 33 e 34, entre os anos de 2008 a 2012.

No Brasil as concentrações do HCB, na região sudeste e na região sul, permaneceram constante, porém no ano de 2012, ambas apresentaram indivíduos com concentrações uma ordem de grandeza maior do que os demais anos. Na região sudeste

foram 3% dos animais, que variaram a concentração em 257 a 419 ng $g^{-1}$ peso úmido, em um n total de 10 animais, que variaram a concentração em 7,99 a 43,4 ng $g^{-1}$ peso úmido e na região sul um animal entre sete analisados apresentou concentração maior do que uma ordem de grandeza, 134.7 ng $g^{-1}$ peso úmido. Concentrações nesta ordem de grandeza, acima citado, também não foram encontrados no Chile e Uruguai em 2011, Fig 35.

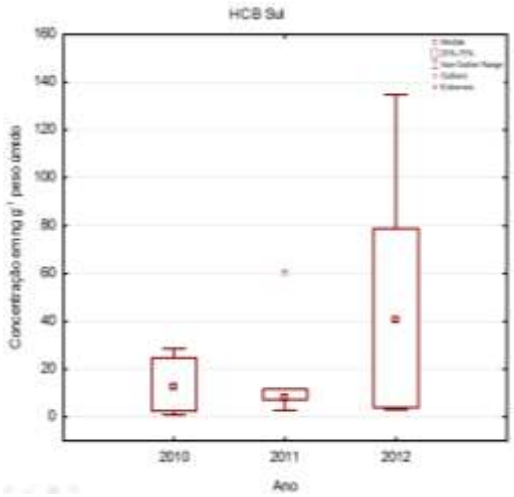



**Figura 33.** Concentração de HCB em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

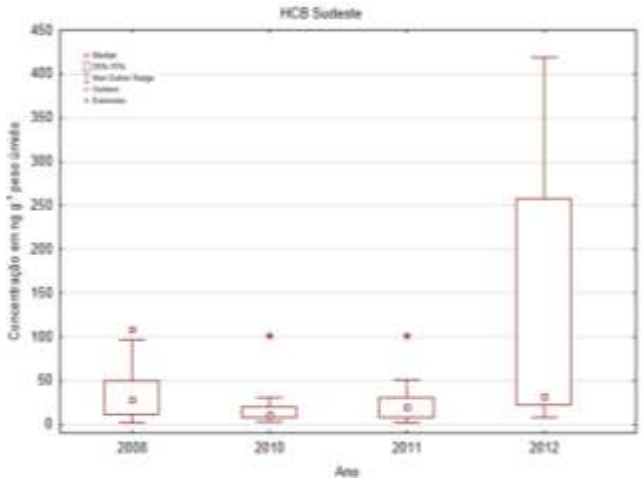



**Figura 34.** Concentração de HCB em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

Inomata et al. (1996) encontraram HCB em todos os tecidos estudados e, no tecido hepático com concentrações em ng $g^{-1}$ peso úmido, variando entre 0,1 e 1 em *P. papua* e em *P. adeliae* 1,1. As concentrações de HCB também se diferenciaram em relação a de Boer & Wester (1991), no qual relataram uma concentração de 6,5 ng $g^{-1}$ peso úmido para *P. papua.*

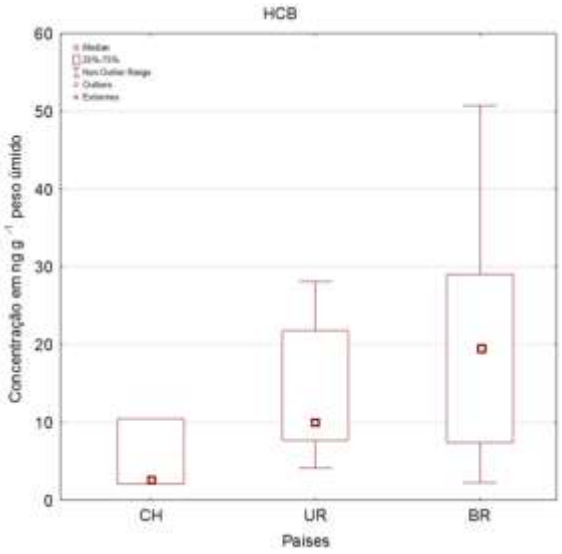



**Figura 35.** Concentração de HCB nos países Brasil (BR), Chile (CH) e Uruguai (UR), em ng $g^{-1}$ no ano de 2011.

Os pinguins encontrados nas áreas de migração (Brasil e Uruguai) apresentaram concentração de HCB uma ordem de grandeza maior do que na de reprodução (Chile), porém muito próximas entre si. A média encontrada em cada país (em ng $g^{-1}$ de peso úmido) foi de 5,05 (Chile), 13,52 (Uruguai) e 20,5 (Brasil). Este fato pode ser atribuído a natureza de dispersão do HCB por longas distâncias (Calamari et al., 1991; Aono et al., 1997)

Segundo Barber et al. (2005), atualmente a quantidade de HCB emitida é muito menor, porém somente uma pequena quantidade reemitida do solo para o ar é suficiente para manter o cenário das emissões primárias, no qual em seu auge, foram de centenas a milhares toneladas. Este mesmo autor cita uma concentração de 87 a 600 ng $g^{-1}$ peso úmido de HCB em gordura de *P. papua*, em 1979, sendo concentrações semelhantes as encontradas neste estudo, que variou de 0,89 a 419 ng $g^{-1}$ peso úmido com fígado de *S. magellanicus*, nos anos estudados.

Baldassin et al. (2012) observaram uma correlação positiva entre HCB e a falência cardiovascular (p:0,03) em vinte e quatro Pinguins-de-Magalhães necropsiados em Ubatuba (Carvalho et al., 2012) mas não se pôde correlacionar esse fato como sendo a causa da morte dos animais. Porém muitos animais podem estar vindo a óbito com diagnósticos neurológicos inconclusivos sendo que a etiologia pode ser específica se estudada/procurada, pois o HCB em ratos podem causar excitabilidade, tremor e paresia, sendo que nenhuma alteração em tecido pode ser visualizada histopatologicamente (Michielsen et al., 1999). Protocolos veterinários para a reabilitação de Pinguins-de-Magalhães encalhados nas praias do Brasil utilizam o ferro para o tratamento contra a anemia, porém esse mesmo composto faz com que os efeitos do HCB sejam potencializados pela peroxidação lipídica (Alleman et al., 1985). Deste modo é essencial que centros de reabilitação tenham a capacidade de diagnosticar e tratar patologias de origem toxicológicas.

Os DDTs apresentaram como o metabólito mais prevalente e com as maiores concentrações o *p,p'* DDE. Comparando as concentrações máximas, podemos observar que a região sudeste no ano de 2008 apresentou valor de 254 ng $g^{-1}$ peso úmido, o que não foi verificado nos anos seguintes, conforme Fig. 37. Porém na região sul, a Fig. 36 mostra um aumento nas concentrações máximas anuais, em ng $g^{-1}$ peso úmido: 255 (2010), 223 (2011) e 441 (2012). A média das concentrações quando analisadas em conjunto não apresentaram diferença significativa em seus valores.

Entre as regiões de reprodução e migração (Fig. 38) também não houve diferenças significativas, apenas poucos indivíduos encontrados no Brasil foram superiores em uma ordem de grandeza aos encontrados nos demais países, porém quando comparamos a média das somatórias das concentrações nota-se similaridade entre os resultados.

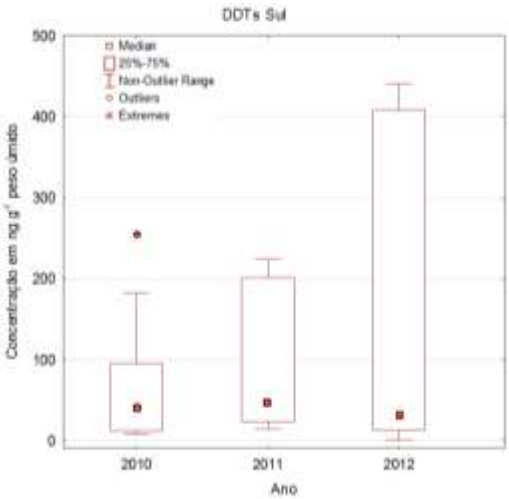



**Figura 36.** Concentração de DDTs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

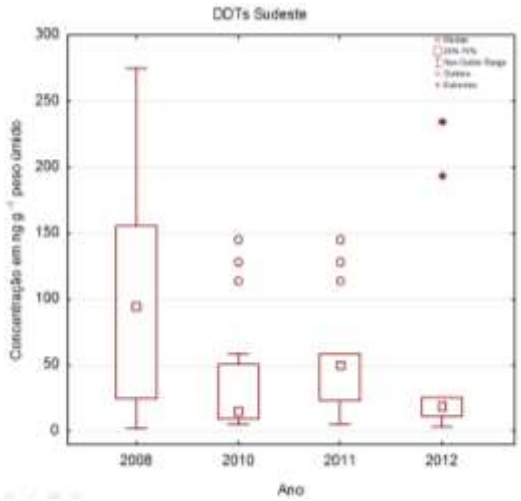



**Figura 37.** Concentração de DDTs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

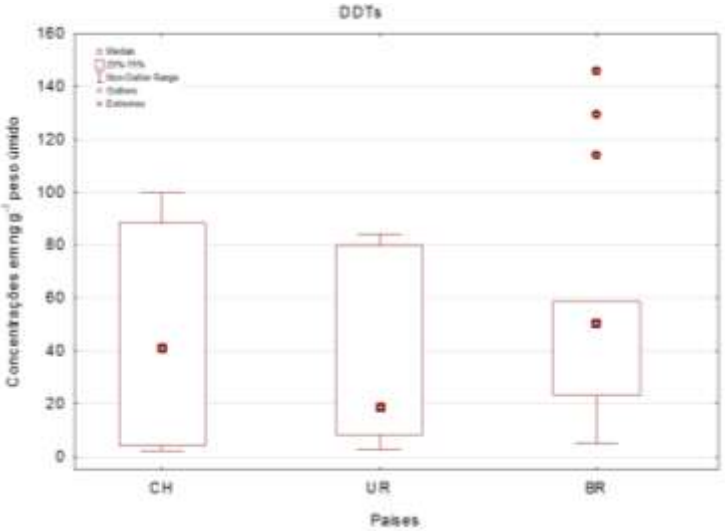



**Figura 38.** Concentração de DDTs no Brasil (BR, Uruguai (UR) e Chile (CH), no ano de 2011, em ng $g^{-1}$ peso úmido.

Inomata et al. (2001) não detectaram *p,p'*-DDE no fígado de *P. papua*, entretanto Subramanian et al. (1986), Conroy & French (1974) e Boer & Wester (1991) encontraram em ng $g^{-1}$ peso úmido, concentrações de 0,52 a 5,56 e 0,01 a 0,83 em *P. adeliae*, respectivamente, enquanto Boer & Wester (1991) encontraram de 0,0034 a 0,00021 na

mesma espécie. O *p,p'*- DDE é um metabólito do *p,p'*-DDT sendo o mais abundante em tecidos e ovos de aves (Ohlendorf et al., 1978), tendo um grande impacto ambiental nas aves, pois pode causar afinamento da casca de ovos resultando em quebra e consequentemente declínio da população.

Auman et al. (1997), durante 1993/1994 no norte do Oceano Pacífico, notaram um aumento de mais de 5% na taxa de quebra de ovos em albatrozes e atribuíram este fato possivelmente à elevada contaminação por DDE. Dirksen et al. (1995) verificaram que aproximadamente 4000 ng $g^{-1}$ de peso úmido de DDE em ovos de biguás (*Phalacrocorax carbo sinensis*) pode ocasionar esse aumento de quebra de ovos de 5%. Concentrações de DDE entre 3000 e 6000 ng $g^{-1}$ para ovos de águia-americana (*Haliaeetus leucocephalus*) e de 3000 ng $g^{-1}$ para ovos de pelicano-pardo (*Pelicanus occidentalis*) foram associadas com efeitos prejudiciais a formação da casca do ovo (Blus, 1982; Wiemeyer et al., 1993). Os valores encontrados neste estudo, porém, estão 3 ordens de grandez menores do que os trabalhos acima citados.

De acordo com os mesmos autores também foi demonstrado, a nível celular, inibição das comunicações intercelulares em forma de placa, denominada junções “gap”, presentes na membrana das células normais e não de células tumorais. Portanto ao perdê-las, as células não são mais inibidas em sua divisão ao entrar em contato com outros tecidos, replicando-se então ininterruptamente. Ele também é um potente indutor das enzimas hepáticas do citocromo P450, que promovem a ativação de outras substâncias carcinogênicas, como a aflotoxina B1 e a ciclofosfamida, o que nos permite dizer que o DDT potencializa os efeitos carcinogênicos, isto é, ele não causa os efeitos genéticos que culminam com o surgimento das neoplasias, mas potencializa a divisão das células neoplásicas que já tenham surgido.

Contribuindo para uma fonte secundária de DDT, segundo Barra et al. (2005) está o dicofol, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA sob nº 00428705, como classe de acaricida não sistêmico do grupo dos organoclorados. O mesmo autor ainda cita que é um inseticida utilizado na América do Sul podendo conter DDT como impureza. No ano de 2000, o Brasil importou e também produziu 209 toneladas deste produto, que é utilizado principalmente no cultivo de maça, algodão e citros no estado do Paraná.

Em relação aos Drins, no atual estudo o Dieldrin foi o composto que apresentou a maior concentração entre os pesticidas, 566 ng $g^{-1}$ peso úmido (região sul do Brasil) quando analisamos os indivíduos em si. Este fato pode ser compreendido, pois o aldrin e mirex não entraram na Portaria 329, de 1985 pela ANVISA, sendo permitido como cupinicida e formicida. A média das somatórias das concentrações nas regiões brasileiras não apresentou diferença significativa na região sul (Fig. 39) e aumento aumento de uma ordem de grandeza no ano de 2012 na região sudeste, conforme Fig.40.

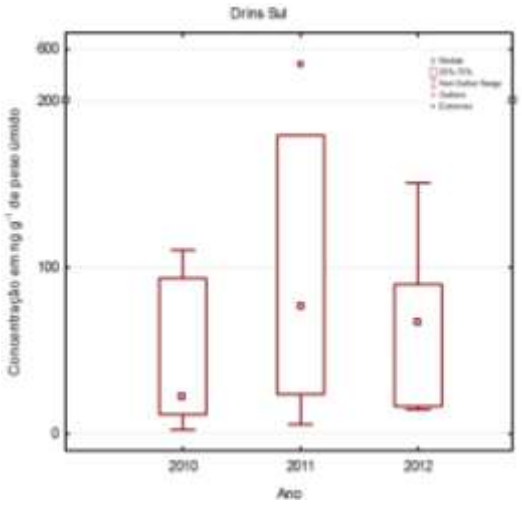



**Figura 39.** Concentração de Drins em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

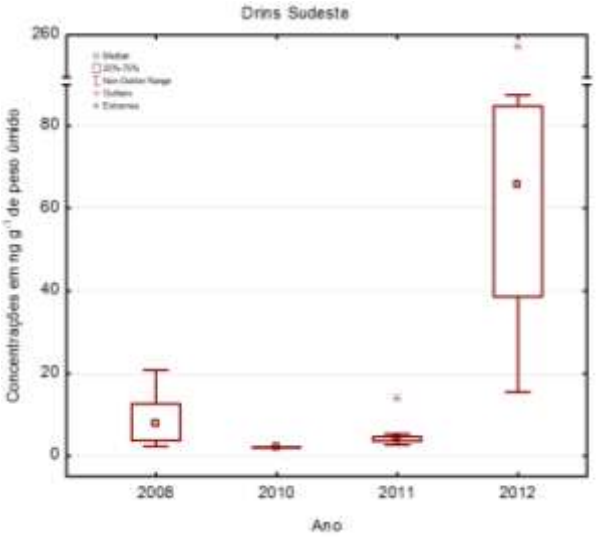



**Figura 40.** Concentração de Drins em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

Quando comparamos as áreas de migração notamos um aumento de uma ordem de grandeza na média das concentrações de Drins nos pinguins encontrados no Uruguai em relação aos do Chile e do Brasil no ano de 2011, conforme Fig. 41. Este resultado pode ser atribuído ao fato de que o Uruguai é um país voltado mais para a agricultura e com pequena extensão territorial, sendo o oceano mais próximo dos cultivos (Mañay et al., 2004 ; Boroukhovitch, 1998).

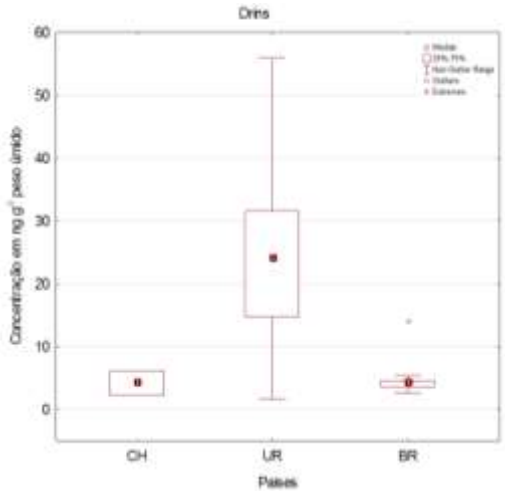



**Figura 41.** Concentração de Drins nos países Brasil (BR), Chile (CH) e Uruguai (UR), em ng $g^{-1}$ no ano de 2011.

Um estudo realizado por Alves et al. (2010) descreve a contaminação por esses pesticidas nos recursos hídricos do Estado de Goiás, área do Planalto Central mais importante na dispersão de águas da rede hidrográfica brasileira. A maioria desta dispersão tem como destino final o oceano, porém áreas costeiras também são consideradas fontes poluidoras, como o complexo industrial de Cubatão, que de acordo com Magalhães et al. (2012), é uma fonte de contaminantes para a Baixada Santista.

No Rio de janeiro, no ano de 2008, ocorreu um vazamento de Endosulfan da empresa Servatis no Rio Pirapitinga, afluente do Rio Paraíba do Sul, provocando a interrupção do abastecimento de água de seis cidades do Médio Paraíba e uma mortandade aguda de peixes na região. Somente, um ano depois, foi aprovada a lei 5622

no estado do Rio de Janeiro, que proibia o uso deste produto, que permanecerá no ambiente por diversos anos. No atual trabalho não houve diferença significativa entre as regiões brasileiras e as áreas de migração e reprodução para o endosulfan, permanecendo a média das somatórias abaixo de 50 ng $g^{-1}$ peso úmido no período estudado.

O composto oxiclordana ocorreu em 39% dos animais e em maior concentração do que γ-clordana. No Chile apenas em uma amostra, da região de Concepción, foi detectada oxiclordana com concentração de 4,61 ng $g^{-1}$ peso úmido. As clordanas no Brasil e no Uruguai apresentaram similaridades entre as maiores concentrações obtidas. No Brasil as concentrações (ng $g^{-1}$ peso úmido) observadas na região sudeste foram de 3,5 a 284,5 e na região sul de 4,84 a 218,6 , semelhantes às encontradas no Uruguai de 4,47 a 243,7. Dentre seu grupo a oxiclordana tem a característica de ser mais persistente no ambiente (Wells et al., 1994), o que pode explicar sua maior acumulação nos organismos.

Os HCHs foram encontrados em 90,3% das amostras do Brasil e em 100% das amostras encontradas no Chile e Uruguai. Entre eles o composto mais prevalente foi o γ-HCH, encontrado em 45% das amostras analisadas. No Brasil as concentrações variaram, em ng $g^{-1}$ peso úmido, entre 2,93 a 59,5 (SE) e 0,11 a 12,1 (S), conforme Fig. 42 e 43. As concentrações foram mais altas se comparadascom 0,2 ng $g^{-1}$ peso úmido em *P. adeliae* relatada por Inomata et al., (1996) e em *P. papua* < 0,0004 ng $g^{-1}$ peso úmido publicada por de Boer & Wester (1991). Esses compostos apresentam uma maior solubilidade em água comparado com a maioria dos outros OCs estudados, tendo um fator de bioconcentração menor e consequentemente um resíduo de baixos níveis (Wells et al., 1994).

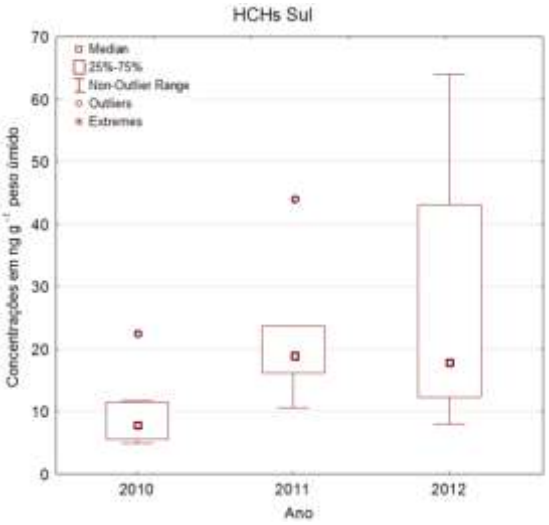



**Figura 42.** Concentração de HCHs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

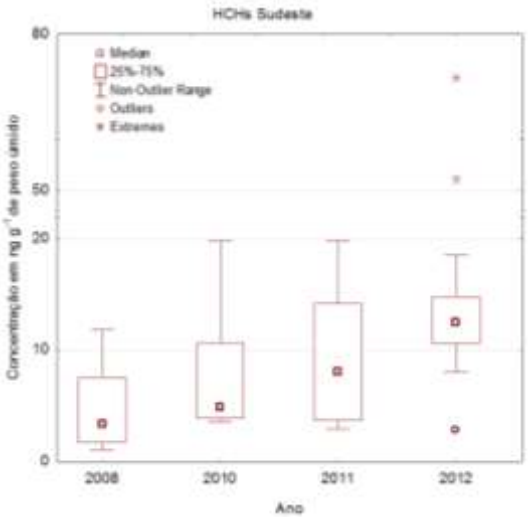



**Figura 43.** Concentração de HCHs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

.

Nas regiões de migração e reprodução esses compostos não tiveram diferenças significativas em suas concentrações, variando em (ng $g^{-1}$ peso úmido) de 8,4 a 18,5 no Chile e 6,98 a 23,42 no Uruguai no ano de 2011, conforme mostra a Fig. 44.

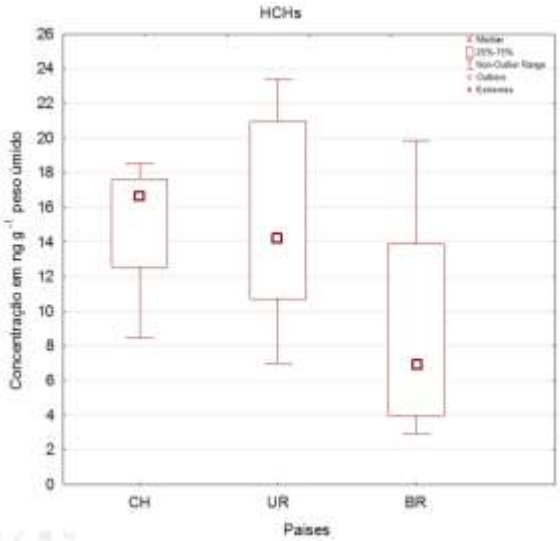



**Figura 44.** Concentração de HCHs nos países Brasil (BR), Chile (CH) e Uruguai (UR), em ng $g^{-1}$ no ano de 2011.

## 4.3 Difenis éter polibromados (PBDEs) em fígado de Pinguim-de-Magalhães

Os PBDEs apresentaram uma uniformidade de concentração nos pinguins encontrados entre regiões brasileiras, porém somente 59,7% das amostras analisadas apresentaram estes compostos. No Brasil, na região sul e sudeste o composto encontrado com a maior concentração foi o PBDE 183, apresentando 14,23 e 25,12 em ng $g^{-1}$ peso úmido de concentração, respectivamente. A somatória de PBDEs, em ng $g^{-1}$ peso úmido, na região sul foi de 25,9 e na região sudeste de 44,5.

Somente em 2010, os pinguins encontrados na região sudeste do Brasil apresentaram concentração relativamente mais elevada, em uma ordem de grandeza em relação aos da região sul. Nos demais anos não houve diferença significativa como mostram as Figs 45 e 46.

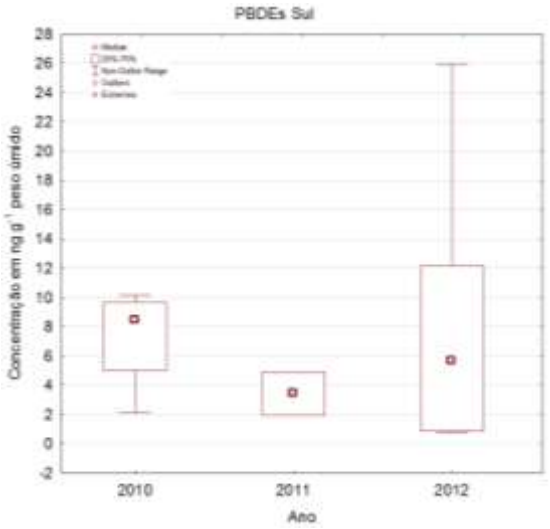



**Figura 45**. Concentração de PBDEs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

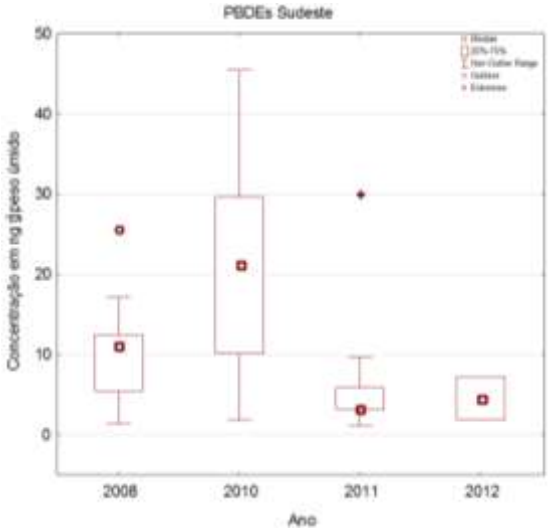



**Figura 46.** Concentração de PBDEs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

Em relação aos pinguins encontrados nos demais países, não foram detectados concentrações de PBDEs acima do LDM no ano de 2011. Para o Chile e Uruguai, 25% e 38%, respectivamente. No Chile o composto mais observado foi o PBDE 154 (75%) variando entre 0,82 a 5,79 ng $g^{-1}$ de peso úmido e no Uruguai os PBDEs 153 e 183 ocorreram em 38% das amostras (n=5), variando entre 1,01 a 15,35 e 2,23 a 17,2. Não houve diferença significativa entre as concentrações dos três países, conforme mostra Fig.47

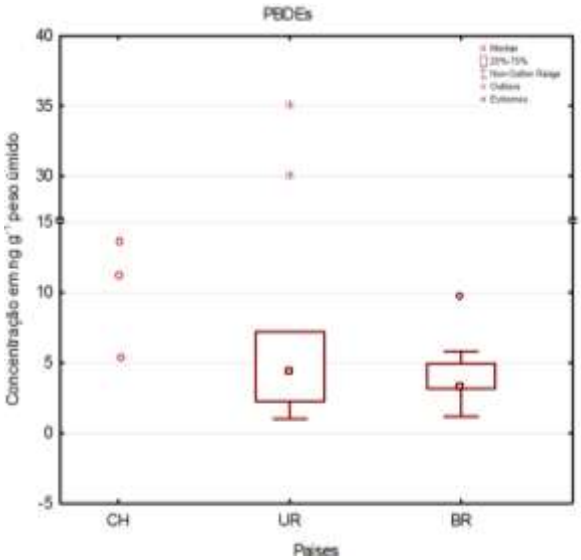



**Figura 47.** Concentração de PBDEs em Pinguim-de-Magalhães encontrados nos países Brasil (BR), Chile (CH) e Uruguai (UR), em ng $g^{-1}$ no ano de 2011.

De acordo com Vagula et al. (2012), PBDEs de baixo peso molecular tem mais afinidade pelos lipídios e consequentemente sua maior acumulação, sendo descritos, portanto como os mais tóxicos e mais acumulativos. Em três décadas de estudos o nível deste contaminante nos Estados Unidos aumentou de 10 a 100 vezes mais que na Europa e Asia.

Mesmo sendo o mais persistente entre todos deste grupo (Albina et al., 2010), o PBDE 99 apareceu somente em 8% dos animais encontrados no Brasil, em 25% dos

animais encontrados no Chile e em nenhum do Uruguai. Outro composto também potencialmente persistente o PBDE 47 (Eriksson et al., 2001), foi detectado em 10% dos pinguins encontrados no Brasil, 7% dos animais nos encontrados no Uruguai e em nenhum na região chilena.

Concentrações baixas de PBDEs podem estar associadas com emissões recentes e além disso, podem não ser acumulativos em animais, como reportado por Ikonomou et al. (2002), no qual em focas da costa oeste do Canada, o BDE 99 não foi detectado, indicando que esses animais conseguem metabolizar e eliminar esse congênere.

Apesar de muitos experimentos, seu mecanismo de ação toxicológica não está claro e não há uma explicação concreta para descrever como esse composto atua causando efeitos carcinogênicos e distúrbios endócrinos (Albina et al., 2010). Sabe-se também que a principal preocupação para os riscos em potencial de saúde vindos dos PBDEs vem de estudos sobre o desenvolvimento da neurotoxicidade em ratos de laboratório. Neles foram observados a difusão pelo organismo na absorção oral, sendo absorvidos no intestino, causando uma elevada concentração no plasma e em tecidos, e aproximadamente 10% dos seus metabólitos com cinco a sete átomos de bromo foram eliminados pela bile.

## 4.4 Fipronil em fígado de Pinguim-de-Magalhães

Foram analisadas 15 amostras de fígado de Pinguim-de-Magalhães para detecção de fipronil. Todas as amostras foram provenientes do Ceclimar, no Rio Grande do Sul. Embora o fipronil apareça em todos os cromatogramas, Fig. 52, a quantidade encontrada em todas as amostras foi abaixo do limite de detecção de 20 ng $g^{-1}$.

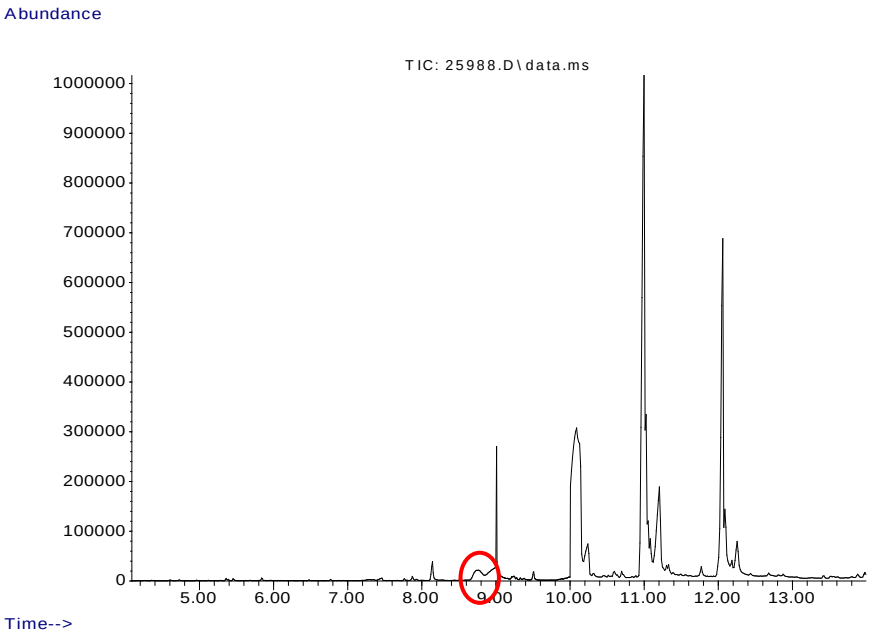



**Figura 48.** Cromatograma de fipronil em Pinguim-de-Magalhães da região sul do Brasil. O círculo vermelho indica o tempo de retenção do composto.

O fipronil é utilizado no Chile, Uruguai, Argentina e Brasil, tanto no combate as pragas da lavoura, em especial o arroz, como inseticidas de pragas domésticas, como pulgas e carrapatos em animais domésticos.

Como os dados de fipronil são escassos na literatura e há evidencias de bioacumulação (Tingle et al., 2003) e toxicidade para aves aquáticas (Tingle et al., 2000), faz-se necessário ampliar os estudos desse poluente na biota marinha, bem como o seu respectivo metabólito fipronil sulfona.

## 4.5 Glândula uropigiana como órgão alternativo

Becker (1989) constatou que a variabilidade de concentração de organoclorados em ovos de aves marinhas é menor que em peixes e mamíferos marinhos. Entretanto, em uma situação de inanição e caquexia, como é o caso da maioria dos pinguins utilizados neste estudo, ocorre a mobilização de lipídeos-poluentes solúveis do armazenamento de

gordura, reduzindo a massa dos órgãos internos tais como o fígado (Bogan et al., 1977), o que explicaria as baixas taxas de lipídeos encontrados nas amostras processadas variando de 0 a 8 % (Apêndice 24).

Johnston (1976) e Subramanian et al. (1986) citam que os POPs analisados em outras partes do corpo como fígado, músculo, ossos e cérebro apresentam baixas concentrações, pois quando o depósito de gordura é utilizado como fonte energética, os pesticidas seguem uma ou mais rotas em seu organismo, são elas: (1) alteração química no fígado, (2) excreção via fezes, urina ou bile, (3) relocação para outros tecidos como o músculo esquelético e excreção pela glândula uropigiana.

Essa glândula sebácea, localizada na região dorsal da base caudal do animal, é bilobada e tem como função a impermeabilização das penas atuando na termorregulação. Ela pode ser utilizada para mensurar a concentração de POPs mesmo em animais em estado de severa caquexia, o que contribui para a análise, uma vez que a glândula é uma estrutura de fácil identificação, acesso e coleta.

Na Tabela 08, podemos observar os valores das somatórias dos pesticidas organoclorados entre a glândula uropigiana e o tecido hepático. Nela podemos destacar que em 65% dos resultados a glândula superou o fígado em uma ordem de grandeza em relação a 9% de resultados no qual o fígado superou a glândula. Em 43% dos resultados observamos semelhança na ordem de grandeza, não apresentando nenhuma diferença de concentração entre os tecidos analisados.

**Tabela 08.** Comparação entre as somatórias (ng $g^{-1}$ peso úmido) dos pesticidas organoclorados em glândula uropigiana e o tecido hepático no Pinguim-de-Magalhães.

| | ∑ HCHs | | ∑ DDTs | | HCB | | Clordanas | | Drins | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Animais** | **Glândula** | **Fígado** | **Glândula** | **Fígado** | **Glândula** | **Fígado** | **Glândula** | **Fígado** | **Glândula** | **Fígado** |
| **1284** | 7.17 | 19.8 | 71.8 | 50.4 | 33.4 | 7.59 | 11.2 | 48.5 | 10.5 | 3.66 |
| **1241** | 12.4 | n.d. | 214 | 129 | 77.8 | 18.9 | 19.4 | 5.44 | 24.6 | 3.82 |
| **1288** | 12.6 | n.d. | 445 | 115 | 123 | 19.7 | 50.8 | 5.98 | 53.4 | 4.26 |
| **1** | 17.7 | 76.1 | 220 | 20.6 | 258 | 259 | 51.0 | 106 | 69.6 | 257 |
| **2** | 16.0 | 51.1 | 278 | 235 | 57.4 | 419 | 48.8 | 284 | 25.8 | 114 |
| **3** | 19.9 | 11.3 | 130 | 24.6 | 204 | 22.3 | 76.0 | 12.2 | 28.7 | 15.5 |
| **4** | 14.7 | 10.6 | 17.9 | 6.25 | 157 | 257 | 69.2 | 34.9 | 11.7 | 65.8 |
| **6** | 14.1 | 18.6 | 170 | 11.4 | 90.6 | 17.6 | 76.3 | 114 | 37.5 | 38.8 |
| **7** | 18.5 | 12.5 | 256 | 16.5 | 104 | 30.5 | 56.9 | 112 | 69.3 | 84.8 |
| **8** | 18.6 | 2.87 | 130 | 194 | 161 | 7.99 | 212 | 185 | 71.3 | 74.5 |
| **9** | 28.2 | 14.8 | 194 | 3.11 | 379 | 43.4 | 152 | 38.6 | 193 | 38.6 |
| **10** | 15.7 | 14.3 | 197 | 16.7 | 130 | 30.9 | 78.4 | 43.7 | 40.3 | 87.4 |
| **11** | 22.3 | 8.02 | 65.4 | 25.5 | 283 | 33.1 | 33.0 | 22.2 | 41.2 | 23.2 |

As Figs. 48 a 50 apresentam uma comparação das concentrações dos pesticidas organoclorados no tecido hepático e na glândula uropigiana. Observamos que os Drins e o HCB tiveram a média da somatória das concentrações acima de uma ordem de grandeza quando comparadas ao fígado, o que não ocorreu com os DDTs.

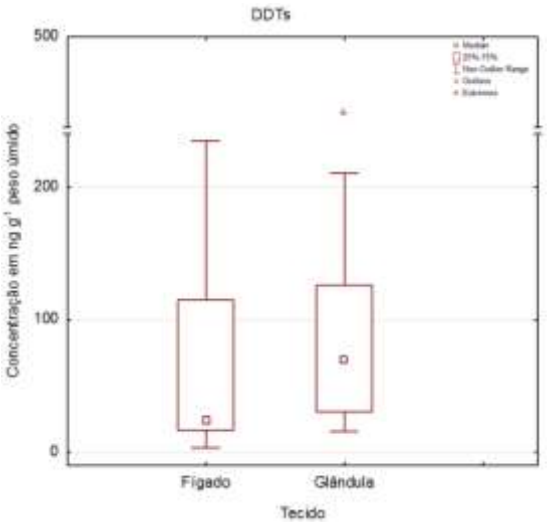



**Figura 49.** Concentração de DDTs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

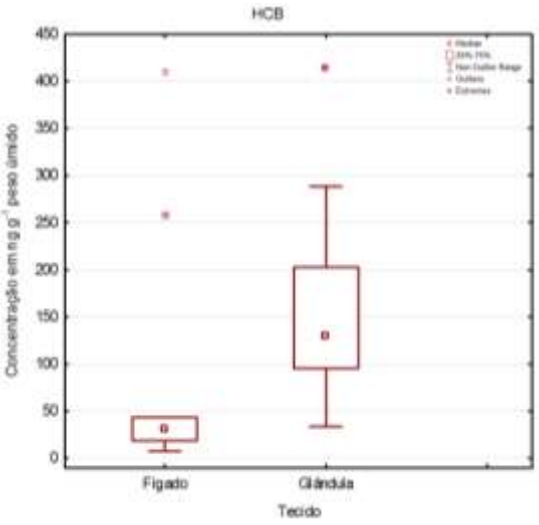



**Figura 50.** Concentração de HCB em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

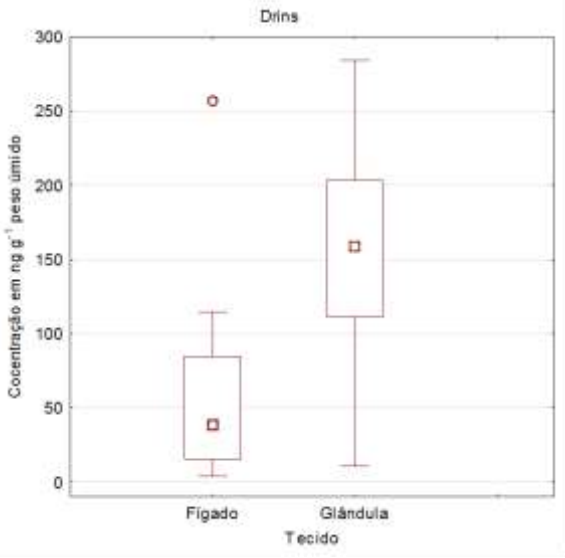



**Figura 51.** Concentração de Drins em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sul brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

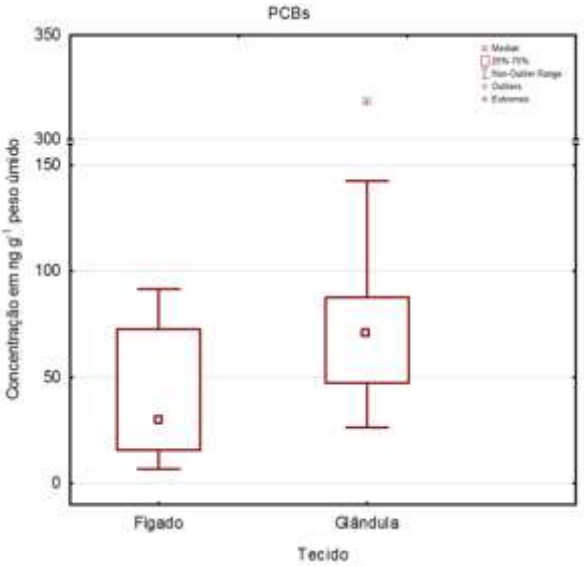



**Figura 52.** Concentração de PCBs em fígado de Pinguim-de-Magalhães na região sudeste brasileira em ng $g^{-1}$ peso úmido.

Em relação aos PCBs (Fig. 51) também foi encontrada uma maior concentração (p: 0,03) na glândula quando comparado com o fígado (teste não-paramétrico Kruskal-Wallis), indicando que esse órgão pode ser uma alternativa viável para animais emaciados. Em 27% das amostras estudadas a glândula apresentava concentrações superiores a 1 ordem de grandeza em comparação ao fígado, sendo que 72% das amostras apresentaram semelhança no resultado entre os dois tecidos. Nenhuma concentração de PCBs da amostra de fígado superou a da glândula uropigiana.

**Tabela 09.** Comparação entre o teor lipídico e peso seco da glândula uropigiana e o tecido hepático no Pinguim-de-Magalhães.

| Tecido | Peso seco | Lipídeos |
|---|---|---|
| **Fígado** | 19,4 - 42.9% | 1-3% |
| **Glandula uropigiana** | 27,7 – 41,2% | 8-20% |

Durante o exame necroscópico, por exemplo, no Instituto Argonauta para a Conservação Costeira e Marinha e no Aquário de Ubatuba a grande maioria dos animais apresentaram ausência de reserva de gordura e musculatura peitoral côncava que segundo Hocken (2002), são considerados animais “famintos”. Também apresentaram um líquido denso marrom avermelhado (sangue alterado pelo processo digestivo) no estômago, no qual, de acordo com o mesmo autor, indica morte por fome.

Assim, na ausência de gordura subcutânea, a glândula uropigiana pode ser uma alternativa adequada para análise de poluentes orgânicos persistentes. Particularmente se aplica para a maioria das aves quando encalha na praia que não apresenta nenhum tecido adiposo (Tabela 09). A localização da glândula permite uma rápida coleta de material biológico para quem trabalha em campo ou para as instituições que recebem muitas destas aves em uma temporada.

# 5 CONCLUSÕES

Durante o período estudado, de 2008 a 2012, a ocorrência de PCBs, pesticidas organoclorados e PBDEs foi verificada em todas as amostras de fígado de Pinguim-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), tanto na região de migração (Brasil e Uruguai) como na região de reprodução (Chile). Os POPs foram similares entre as áreas de migração e reprodução exceto para os PCBs que apresentaram valores relativamente maiores (~1 ordem de grandeza) na área de reprodução. Este fato pode estar relacionado à proximidade da colônia de pinguins com a maior área industrial chilena, Concepción. Os congêneres penta, hexa e heptaclorados apresentaram maiores concentrações entre os PCBs.

Para os pesticidas, o DDTs destacaram-se como os de maior ocorrência, principalmente nas regiões de migração. Os Drins apresentaram um aumento em uma ordem de grandeza na região de migração entre os anos de 2011 e 2012. Os demais pesticidas e os PBDEs não apresentaram diferenças significativas, entre as concentrações detectadas, nos anos estudados na área de migração e reprodução.

Avaliação temporal (2008 – 2012) de POPs apresentou-se constante para os pesticidas organoclorados e tendência ao declínio para aos PCBs.

O Fipronil destaca-se por ser um poluente emergente e apesar de sua utilização no setor agrícola e no combate a pragas domésticas, não foi detectado nas regiões de migração e reprodução.

A glândula uropigiana apresentou concentrações de POPs maiores do que no tecido hepático o que indica que pode ser um tecido alternativo adequado para aves debilitadas. Para o trabalho a campo e em centros de reabilitação que recebem muitos

pinguins por temporada, esse tecido demonstrou ser de grande praticidade para análises toxicológicas.

De uma maneira geral as regiões de reprodução e migração dos pinguins da América do Sul apresentam baixas concentrações de POPs com tendência constante para os pesticidas organoclorados e declínio para os PCBs.

# 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINA, M. L.; ALONSO, V.; LINARES, V.; BELLÉS, M.; SIRVENT, J. J.; DOMINGO, J. L.; SÁNCHEZ, D. J. 2010. Effects of exposure to BDE-99 on oxidative status of liver and kidney in adult rats. Toxicology 271, 51 – 56.

ALLEMAN, M. A.; KOSTER, J. F.; WILSON, J. H. P.; EDIXHOVEN-BOSDIJK, A.; SLEE, R.G.; KROOS, M. J.; EIJK, H. G. V. 1985. The involvement of iron and lipid peroxidation in the pathogenesis of HCB induced porphyria. Biochemical Pharmacology 34, 161 - 166.

ALVES, M. I. R.; FILHO, N. R. A.; OLIVEIRA, L. G.; FURTADO, S. T. F. 2010. Avaliação da Contaminação por Pesticidas Organoclorados em Recursos Hídricos do Estado de Goiás. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 15 (1), 67 - 74.

AONO, S.; TANABE, S.; FUJISE, Y.; KATO, H.; TATSUKAWA, R. 1997. Persistent organochlorines in minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) and their prey species from the Antarctic and the North Pacific. Environmental Pollution 98, 81 -89.

AUMAN, H.J.; LUDWIG, J. P.; SUMMER, C. L.; VERBRUGGE, D. A.; FROESE, K. L.; COLBORN, T.; GIESY, J. P. 1997. PCBs, DDE, DDT, and TCDD-EQ in two species of albatross on Sand Island, Midway Atoll, north pacific ocean. Environmental Toxicology and Chemistry 16 (3), 498 – 504.

BALDASSIN, P.; SANTOS, R. A.; CUNHA, J. M. M.; WERNECK, M. R.; GALLO, H. Cephalopods in the diet of Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*, FORSTER, 1781) Found on the cost of Brazil. Marine ornithology 38, 55 - 57.

BALDASSIN, P.; TANIGUCHI, S.; GALLO, H.; SILVA, R.; MONTONE, R. 2012. Persistent organic pollutants in juvenile Magellan penguins (*Spheniscus magellanicus*) found on

the northern shore of the state of São Paulo and southern shore of the state of Rio de Janeiro, Brazil. Marine Pollution Bulletin 64, 2502 - 2506.

BARBER, J. L.; SWEETMAN, A. J.; VAN WIJK, D.; JONES, K. C. 2005. Hexachlorobenzene in the global environment: Emissions, levels, distribution, trends and processes Science of The Total Environment 349 (1–3), 1 – 44.

BARRA, R.; COLOMBO, J. C.; EGUREN, G.; GAMBOA, N.; MENDOZA, G. 2005. Persistent organic pollutants (POPs) in eastern and western South American countries. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 185, 1 – 33.

BECKER, P.H. 1989. Seabirds as monitor organisms of contaminants along the German North Sea Cost. Helgoländer Meeresunter 43, 395 - 403.

BELTON, W. 1978. Registros de *Eudyptes chrysocome* e *E. chrysolophus* no Brasil. The Auk 95, 413.

BIDLEMAN, T. F.; OLNEY, C. E. 1974. Chlorinated Hydrocarbons in the Sargasso Sea Atmosphere and Surface Water. Science 183, 516 – 518.

BISHOP, C. A.; BROOKS, R. J.; CAREY, J. H.; MING, P.; NORSTROM, R. J. ; LEAN, D. R. S. 1991. The case for a cause-effect linkage between environmental contamination and development in eggs of the common snapping turtle from Ontario, Canada. Journal of Toxicology and Environmental Health 33, 521 - 547.

BISHOP, C. A.; BROWN, G. P.; BROOKS, R. J.; LEAN, D. R. S.; CAREY , J. H. (1994) Organochlorine contaminant concentrations in eggs and their relationship to body size, and clutch characteristics of the female common snapping turtle (*Chelydra serpentina serpentina*) in Lake Ontario, Canada. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 27, 82-87.

BLUS, L. J. 1982. Further Interpretation of the Relation of Organochlorine Residues in Brown Pelican Eggs to Reproductive Success. Environmental Pollution 28, 15 - 33.

BOERSMA, P. D.; REBSTOCK, G. A. 2014. Climate Change Increases Reproductive Failure in Magellanic Penguins. PLoS ONE 9 (1), 1-13.

BOERSMA, P.D. 2008. Penguins as Marine Sentinels. BioScience 58 (7), 597 - 607.

BOGAN, J.; NEWTON, I. 1977. Redistribution of DDE in Sparrowhawks during starvation. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 18, 317- 321.

BOLAND, C. R. J.; SMITH, M.J.; MAPLE, D.; TIERNAN, B.; NAPIER, F. 2012. An island-wide survey of abbott's booby *Papasula abbotti* occupancy on Christmas Island, Indian ocean. Marine Ornithology 40, 99 – 103.

BOLAND, C. R. J.; SMITH, M.J.; MAPLE, D.; TIERNAN, B.; REEVES, R.; NAPIER, F. 2011. Heli-baiting using low concentration fipronil to control invasive yellow crazy ant supercolonies on Christmas Island, Indian Ocean, in: VEITCH, C. R.; CLOUT, M. N. and TOWNS, D. R. (Eds.). Island invasives: eradication and management. IUCN, Switzerland, pp. 152 – 156.

BOROUKHOVITCH, M. 1998. Current state of chlorine-containing pesticides in Uruguay. Proceedings of the Subregional Awareness Raising Workshop on Persistent Organic Pollutants (POPs) Puerto Iguazú, Argentina.

CALAMARI, D.; BACCI, E.; FOCARDI, S.; GAGGI, C.; MOROSINI, M.; VIGHI, M. 1991. Role of plant biomass in the global environmental partitioning of chlorinated hydrocarbons. Environmental Science & Technology 25, 1489–1495.

CARVALHO, C. O.; CUENCA, S. C.; KLEEB, S. R.; GALLO, H.; BALDASSIN, P.; 2012. Gross and histopathological findings of Magellanic penguins (*Spheniscus*

*magellanicus* Forster, 1781). Arquivo Brasileiro de medicina Veterinária e Zootecnia 64, 769 – 772.

CELIS, E. 1998 Chilean Case Study Proceedings of the Subregional Awareness Raising Workshop on Persistent Organic Pollutants (POPs) Puerto Iguazú, Argentina.

CIFUENTES, J. M.; BECKER, P. H.; SOMMER, U.; PACHECO, P; SCHLATTER, R. 2003. Seabird eggs as bioindicators of chemical contamination in Chile. Environmental Pollution 126, 123 -137.

CIUDAD, C. B. 1981. Determinación de compuestos organoclorados y sus metabolitos por cromatografía gaseosa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. La Platina Experimental Station. Symposium on Pollution of the Environment and its Incidence in the Agricultural and Livestock Sector, Santiago, pp. 33 - 34.

CLARK, R.B. 1992. Marine Pollution. 3rd edition. Oxford University Press. 172p.

CLARK, R.B. 2001. Marine Pollution. 5rd edition. Oxford University Press. 172p.

CONROY, J. W. H.; FRENCH, M. C. 1974. Organochlorine levels in two species of Antarctic birds. British Antarctic Survey Bulletin 38, 43 - 47.

CONSTENLA, M. A. 1988. El uso de plaguicidas em América Latina: tendências e implicaciones ambientales, in: IAEA (Ed.). Pesticides: food and enviromental implications. IAEA/FAO, Vienna, Austria, pp. 123 – 147.

COVACI, A.; TUTUDAKI, M.; TSATSAKIS, A. M.; SCHEPENS, P. 2002. Hair analysis: another approach for the assessment of human exposure to selected persistent organochlorine pollutants. Chemosphere. 46, 413 - 418.

COX, C. 2005. Fipronil. 2005. Journal of Pesticide Reform 25 (1), 10 – 15.

CUORE, U.; TRELLES, A.; SANCHIS, J.; GAYO, V.; SOLARI, M. A. 2007. Primer diagnóstico de resistencia al fipronil en la garrapata común del ganado *Boophilus microplus.* Veterinaria 42 (165-166), 35 – 41.

D'AMATO, C.; TORRES, J.P.M.; MALM, O. 2002. DDT (Dicloro difenil tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental – uma revisão. Química Nova, 25 (6): 995-1002.

DARNERUD, P.O., 2003. Toxic effects of brominated flame retardants in man and in wildlife. Environment International 29, 841-853.

de BOER, J., WESTER, P. 1991. Chlorobiphenyls and organochlorine pesticides in various subantarctic organisms. Marine Pollution Bulletin. 22, 441 – 447.

de BOER, J.; WESTER, P.G.; KLAMMER, H.J.C.; LEWIS, W.E.; BOON, J.P. 1998. Do flame retardants threaten ocean life? Nature 394, 28-29.

de GUISE, S.; LAGACÉ, A.; BELAND, P. 1994. Tumors in St. Lawrence beluga whales (*Delphinapterus leucas*). Veterinary Pathology 31, 444 - 449.

de WIT, C.A., 2002. An overview of brominated flame retardants in the environment. Chemosphere 46, 583-624.

DIRKSEN, S.; BOUDEWIJN, T. J.; SLAGER, L. K.; MÊS, R. G.; VAN SCHAICK, M J. M.; DE VOOGT, P. 1995. Reduced breeding success of cormorants (Phalacrocorax carbo sinensis) in relation to persistent organochlorine pollution of aquatic habitats in the Netherlands. Environmental Toxicology and Chemistry, 88: 119-132.

DROUILLARD, K. G.; FERNIE, K. J.; LETCHER, R. J.; SHUTT, L. J.; WHITEHEAD, M.; GEBINK, W.; BIRD, D. M. 2007. Bioaccumulation and biotransformation of 61 polychlorinated biphenyl and four polybrominated diphenyl ether congeners in juvenile

american kestrels (*Falco sparverius*). Environmental Toxicology and Chemistry 26 (2), 313 – 324.

DROUILLARD, K. G.; FERNIE, K. J.; SMITS, J. E.; BORTOLOTTI, G. R.; BIRD, D. M.; NORSTROM, R. J. 2001. Bioaccumulation and toxicokinetics of 42 PCB congeners in American kestrels (*Falco sparverius*). Environmental Toxicology and Chemistry. 20, 2514 – 2522.

ELLIOT, J. E.; NORSTROM, R. J.; LORENZEN, A. L.; HART, L. E.; PHILIBERT, H.; KENNEDY, S. W. 1996. Biological effects of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, and biphenyls in bald eagle (haliaeetus leucocephalus) chicks. Environmental Toxicology and Chemistry, 15: 782-793.

ENDO, S.; TAKIZAWA, R.; OKUDA, K.; TAKADA, H.; CHIBA, K. HARUYUKI, K.; OGID, H., DATEES, T. 2005. Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellet: variability among individual particles and regional differences. Marine Pollution Bulletin 50, 1103 – 1114.

ERIKSSON, P.; JAKOBSSON, E.; FREDRIKSSON, A. 2001. Brominated Flame Retardants: A Novel Class of Developmental Neurotoxicants in Our Environment? Environmental Health Perspectives 109 (9), 903 - 908.

FLORES, A.V.; RIBEIRO, J.N.; NEVES, A.A.; QUEIROZ, E.L.R. 2004. Organoclorados: um problema de saúde pública. Ambiente & Sociedade – associação nacional de pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade 7(2), 125 – 143.

FOWLER, G. S.; WINGFIELD, J. C.; BOERSMA, P. 1995. Hormonal and reproductive effects of low levels of petroleum fouling in Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*). The Auk 112, 382 - 389.

FRERE, E.; GANDINI, P.; LICHTSCHEIN, V. 1996. Variacion latitudinal en la dieta del pinguino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) em la costa patagônica, Argentina. Ornitologia Neotropical 7, 35 - 41.

FUENTES, M. J.; FONT, R.; GÓMEZ-RICO, M. F.; MARTÍN-GULLÓN, I. 2007. Pyrolysis and combustion of waste lubricant oil from diesel cars: Decomposition and pollutants. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 79 (1-2), 215 – 226.

FUOCO, R.; CAPODAGLIO, G.; MUSCATELLO, B.; RADAELLI, M. 2009. Persistent Organic Pollutants (POPs) in the Antarctic environment - A Review of Findings. Scientific Committeee on Antarctic Research (SCAR), Cambridge.

GANDINI, P.; BOERSMA, P.; FRERE, E.; GANDINI, M.; HLIK, T.; LICHTSCHEIN, V. 1994. Magellanic penguins (Spheniscus magellanicus) affected by chronic petroleum pollution along coast of Chubut, Argentina. The Auk. 111: 20-27

GANDINI, P.; FRERE E. 1999. Interaction between Magellanic penguins and shrimp fisheries in Patagonia, Argentina. The Condor 101, 783 - 789.

GANDINI, P.; FRERE E.; BOERSMA P.D. 1996. Status and conservation of Magellanic penguins *Spheniscus magellanicus* in Patagonia, Argentina. Bird Conservation International 6, 307 – 316.

GARCÍA-BORBOROGLU, P., BOERSMA, P. D., RUOPPOLO, V., SILVA-FILHO, R. P., ADORNES A.C., SENA, D. C., VELOZO R., KOLESNIKOVAS, C.M., DUTRA, G., MARACINI, P., NASCIMENTO, C. C., JÚNIOR, V. R., BARBOSA, L., SERRA, S., 2010. Magellanic penguin mortality in 2008 along the SW Atlantic coast. Marine Pollution Bulletin 60, 1652 – 1657.

GONZÁLEZ, L. J. S. 1982 Establecimiento de un método de análisis rápido para pesticidas organoclorados en *Merluccis gayi*. Universidad de Concepción. Facultad de Medicina Veterinaria Chillán, 33 pp.

GURUGE, K. S.; TANABE, S.; FUKUDA, M.; YAMAGISH, S.; TATSUKAWA, R. 1997. Accumulation pattern of persistent organochlorine residues in common cormorants (*Phalacrocorax carbo*) from Japan. Marine Pollution Bulletin 34, 186 - 193.

GURUGE, K. S.; TANAKA, H.; TANABE, S. 2001. Concentration and toxic potential of polychlorinated biphenyl congeners in migratory oceanic birds from North Pacific and the Southern Ocean. Marine Environmental Research 52, 271 - 288.

HE, J.; ROBROCK, K. R.; COHEN, L. A. 2006. Microbial Reductive Debromination of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs). Environmental Science & Technology 40, 4429 – 4434.

HOCKEN, A. G. 2002. Post-mortem examination of penguins. DOC Science Internal Series 65. Department of Conservation, Wellington. 25 p.

IKONOMOU, M. G.; RAYNE, S.; FISCHER, M.; FERNANDEZ, M. P.; CRETNEY, W. 2002. Occurrence and congener profiles of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in environmental samples from coastal British Columbia, Canada. Chemosphere 46, 649 – 663.

INOMATA, O. N. K.; MONTONE, R. C.; LARA, W. H.; WEBER, R. R.; TOLEDO, H. H. B. 1996. Tissue distribution of PCBs and organochlorine pesticides in antarctic penguins. Antarctic Science 8(3), 253 - 255.

JOHNSTON, D. W. 1976. Organochlorine Pesticide Residues in Uropygial Glands and Adipose Tissue of Wild Birds. Environmental Contamination & Toxicology 16 (2), 149 – 155.

JONES, K. C.; VOOGT, P. 1999. Persistent organic pollutants (POPs): state of the science. Environmental Pollution 100, 209 - 221.

KAISER, K. L. E. 1978. Pesticide Report: The rise and fall of mirex. Environmental Science & Technology 12(5), 520 – 528

KAWANO, M.; MATSUSHTA, S.; INOUE, T.; TANAKA, H.; TATSUKAWA, R. 1986. Biological accumulation of chlordane compounds in marine organisms from the northern North Pacific and Bering Sea. Marine Pollution Bulletin 22, 792 - 797.

KITULAGODAGE, M.; BUTTEMER, W. A.; ASTHEIMER, L.B. 2011a. Adverse effects of fipronil on avian reproduction and development: maternal transfer of fipronil to eggs in zebra finch, *Taeniopygia guttata* and in ovo exposure in chickens *Gallus domesticus*. Ecotoxicology 20, 653 – 660.

KITULAGODAGE, M.; ISANHART, J.; BUTTEMER, W. A.; HOOPER, M. J.; ASTHEIMER, L. B. 2011b. Fipronil toxicity in northern bobwhite quail *Colinus virginianus*: Reduced feeding behavior and sulfone metabolite formation. Chemosphere 83, 524 – 530.

KONWICK, B. J.; GARRISON, A. W.; BLACK, M. C.; AVANTS, J. K.; FISK, A. T. 2006. Bioaccumulation, biotransformation, and metabolite formation of fipronil and chiral legacy pesticides in rainbow trout. Environmental Science & Technology 40, 2930 - 2936.

LARA, W. H.; BARRETO, H. H.; INOMATA, O. N. K.; MONTONE, R. C. & WEBER, R. R., 1990. Organochlorine residues in antartic penguins. Pesquisa Antártica Brasileira 2(1), 1 - 6.

LARA, W. H.; BATISTA, G.C. 1992. Pesticidas. Química nova 15 (2), 161 - 166.

LARSSON, P.; OKLA, L. 1989. Atmospheric transport of chlorinated hydrocarbons to Sweden in 1985 compared to 1973. Atmospheric Environment 23 (8), 1699 – 1711.

LIMA, I.V. 2002. Heptacloro, in: Fernícola, N.A.G.G. & OLIVEIRA, S.S. (Eds.). Caderno de Referências ambientais, vol. 13, Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Centro de Recursos Ambientais, pp. 343 - 384.

LIPSCOMB, T. P.; HARRIS, R. K.; MOELLER, R. B.; PLETCHER, J. M.; HAEBLER, R. J.; BALLACHEY B. E. 1993. Histopathologic lesions in sea otters exposed to crude oil. Veterinary Pathology 30, 1 – 11.

MAcLEOD, W. D.; BROWN, D. W.; FRIEDMAN, A. J.; BURROWS, D. G.; MAYNES, O.; PEARCE, R. W.; WIGREN, C. A.; BOGAR, R. G. 1986. Standard analytical procedures of the NOAA National Analytical Facility, 1985-1986 (revised). Extractable toxic organic compounds. US Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum NMFS F/NWC-92.

MADU, G. 2000. Sambaqui: Arqueologia do Litoral brasileiro Série descobrindo o Brasil. Ed. Jorge Zahar. Rio de Janeiro. 90p.

MAGALHÃES, C. A.; TANIGUCHI, S.; CASCAES, M. J.; MONTONE, R. C.; 2012. PCBs, PBDEs and organochlorine pesticides in crabs (*Hepatus pudibundus* and *Callinectes danae*) from Santos Bay, State of São Paulo, Brazil. Marine Pollution Bulletin 64, 662 – 667.

MAÑAY, N; RAMPOLDI, O.; ALVAREZ,C.; PIASTRA, C.; HELLER, T.; VIAPIANA, P.; KORBUT, S. 2004. Pesticidas in Uruguay. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 181,111 – 138.

MARCHESAN, E.; SARTORI, G. M. S.; AVILA, L. A.; MACHADO, S. L. O.; ZANELLA, R.; PRIME, E. G.; MACEDO, V. R. M; MARCHEZAN, M. G. 2010. Resíduos de agrotóxicos na água de rios da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Ciência Rural 40 (5), 1053-1059.

MATOS, M. A. C. 2002. Resíduos de pesticidas organoclorados e bifenilos policlorados em sedimentos e algas de Santos e Cananéia, SP, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 200 pp.

McCARTY, J. P.; SECORD, A. L. 1999. Nest-Building Behavior in PCB-Contaminated Tree Swallows. The Auk 116(1), 55 – 63.

MENONE, M. L.; AIZPÚN DE MORENO, J. E.; MORENO, V. J.; LANFRANCHI, A. L.; METCALFE, T. L.; METCALFE C. D. 2001. Organochlorine Pesticides and PCBs in a Southern Atlantic Coastal Lagoon Watershed, Argentina. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 40, 355 – 362.

MENONE, M.L.; BORTOLUS, A.; BOTTO,F.; AIZPU´N DE MORENO, J. E.; MORENO, V. J.; IRIBARNE O.; METCALFE, T. L.; METCALFE, C. D. 2000. Organochlorine Contaminants in a Coastal Lagoon in Argentina: Analysis of Sediment, Crabs, and Cordgrass from Two Different Habitats. Estuaries 23(4), 583 – 592.

MICHIELSEN, C.C.; VAN LOVEREN, H.; VOS, J.G. 1999. The role of the immune system in hexachlorobenzene-induced toxicity. Environmental Health Perspectives 107, 783 - 792.

MONTORY, M.; BARRA, R. 2006. Preliminary data on polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in farmed fish tissues (*Salmo salar*) and fish feed in Southern Chile. Chemosphere 63 (8), 1252 – 1260.

MUÑOZ, J.; BECKER, P.H. 1999. The Kelp Gull as bioindicator of environmental chemicals in the Magellan region. A comparison with other coastal sites in Chile. Scientia Marina 63 (1), 495 – 502.

NETO, M. 2002. Aldrin, in: Fernícola, N. A. G. G. & OLIVEIRA, S. S. (Eds.). Caderno de Referências ambientais, vol. 13, Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Centro de Recursos Ambientais, pp. 19 - 62.

NISBET, I. C. T.; SAROFIM A. 1972. Rates and Routes of Transport of PCBs in the Environment. Environmental Health Perspectives 1, 21 – 38.

NORSTROM, R. J.; SIMON, M.; MUIR, C. G.; SCHWEINSBURG, R. E. 1988. Organochlorine contaminants in arctic marine food chains: identification, geographical distribution and temporal trends in polar bears. Enviromental Science & Technology 22, 1063 - 1071.

OHLENDORF, H.M.; KLAAS, E.E.; KAISER, T.E. 1978. Organochlorine residues and eggshell thinning in Wood Storks and Anhingas. Wilson Bulletin 90, 608 – 618.

OLIVEIRA, S. S. 2002. Clordano, in: Fernícola, N. A. G. G. & OLIVEIRA, S. S. (Eds.). Caderno de Referências ambientais, vol. 13, Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Centro de Recursos Ambientais, pp. 121 - 158.

ORR, R.T. 2000. Biologia dos Vertebrados. 5ª ed. São Paulo: Roca. 508p.

PACHECO, J.F.; RAMOS, V.; FEDULLO, L.P. 1995. Aptenodytes patagonicus, primeiro registro no Brasil. Atualidades Ornitológicas 64, 4.

PAZOS, G.E.; LAURENTI, S.; DÍAZ, J. 2003. Helmintofauna del Pinguino de Magallanes (Spheniscus magellanicus) en Península Valdes, provincia del Chubut. Resultados preliminares. Historia Natural 2(10), 85 - 94.

PENTEADO, J. C. P.; VAZ, J. M. 2001. O legado das bifenilas policloradas (PCBs). Química Nova 24(3), 390 - 398.

PÉREZ, L. R. 1999. Crecimiento y disparidades regionales en chile: una vision de largo plazo. Estadistica & Economia, 1-24

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

PINTO, M. B. L. C.; SALVATORE S.; DI BENEDITTO, A. P. M. 2007. Stomach contents of the Magellanic penguin Spheniscus magellanicus from the northern distribution limit on the Atlantic coast of Brazil. Marine Ornithology 35, 77 – 78.

PNUMA. 2002. Programa de Las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Productos Químicos). Evaluación regional sobre sustancias tóxicas. 92 p.

POUGH, F.H.; JANIS, C.M.; HEISER, J.B. A vida dos vertebrados. 3ª ed. São Paulo: Atheneu. 700p.

PUTZ, K.; SCHIAVINI, A.; REY, A.R.; LUTHI, B.H. 2007. Winter migration of magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) from the southernmost distributional range. Marine Biology 152, 1227 – 1235.

REIJNDERS, P. J. H.1980. Organochlorine and heavy metal residues in harbour seals from the Wadden Sea and their possible effects on reproduction. Netherlands Journal of Sea Research 14, 30–65.

REZENDE, G. C.; BALDASSIN, P.; GALLO, H.; SILVA, R. J. ; SILVA, R.J. 2013. Ecological aspects of helminth fauna of Magellanic penguins, *Spheniscus magellanicus* (aves: Spheniscidae), from the Northern Coast of the State of São Paulo, Brazil. Brazilian Journal of Biology 73, 61 - 66.

REZENDE, G. C.; BALDASSIN, P., SILVA, R. J; Aspectos ecológicos de duas espécies de helmintos parasitas de Pinguins-de-Magalhães, *Spheniscus magellanicus* (aves: Spheniscidae), procedentes de Ubatuba, São Paulo, Brasil. IX Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço – MG

RIPA, R.; LUPPICHINI, P., SU, N.; RUST, M. K. 2007. Field evaluation of potential control strategies against the invasive eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in Chile. Journal of Economic Entomology 100 (4), 1391 – 1399.

SALA, J. E.; WILSON, R. P.; QUINTANA F. 2012. How Much Is Too Much? Assessment of Prey Consumption by Magellanic Penguins in Patagonian Colonies. Plos one 7 (12), 1 – 13.

SCHANTZ, M. M.; PARRIS, R. M.; KURZ, J.; BALLSCHMITER, K; STEPHEN, A. 1993. Comparison of methods for the gas-chromatographic determination of PCB congeners and chlorinated Pesticides in marine reference materials. Fresenius Journal of Analytical Chemistry 346, 766 - 778.

SICK, H. 1997. Ornitologia Brasileira. 3ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 912 p.

SINDERMANN, C. J. 1979. Pollution associated diseases of marine fish and shellfish: a review. Fishery Bulletin 76 (4), 717 - 749.

SOPEZKI, M. S.; SILVA, B. Z.; SILVEIRA, D. T.; LEITE, A. M.; SILVA-FILHO, R. P.; BOBROWSKI, V. L. 2007. Estudo da relação heterófilo/linfócito como marcador de estresse em pinguim de Magalhães (*Spheniscus magellanicus*). In: XVI Congresso de iniciação científica, Pelotas. Laboratório de Genética - Departamento de Zoologia e Genética – Instituto de Biologia.

STOKES, D. L.; BOERSMA, P.; DAVIS, L. S. 1998. Satellite tracking of magellanic penhuin migration. The Condor 100, 376 - 381.

SUBRAMANIAN, A.; TANABE, S.; HIDAKA, H.; TATSUKAWA, R. 1986. Bioaccumulation of organochlorines (PCBs and *p,p'* – DDE) in Antartic Adelie penguins *Pygoscelis adeliae* collected during a breeding season. Environmental Pollution 40, 173 – 189.

TANABE, S. 1988. PCB and DDT problems in the future: Foresight from current knowledge. Environmental Pollution 50, 5 - 28.

TATSUKAWA, R.; TANABE, S. 1990. Fate and biocaccumulation of persistent organochlorine compounds in the marine environment, in: BAUMGARTNER, D. J. & DUEDALL, I. W. (Eds), Florida. Oceanic Processes in Marine Pollution 6, 39 - 52.

THOMPSON, K. R. 1993. Variation in magellanic penguin *Spheniscus magellanicus* diet in the Falklands islands. Marine Ornithology 21, 57 - 67.

TINGLE, C. C.; ROTHER, J. A.; DEWHURST, C. F.; LAUER, S.; KING, W. J. 2000. Health and environmental effects of fipronil. Briefing paper AI1. Pesticide Actions Network, UK, 1 – 30.

TINGLE, C. C.; ROTHER, J. A.; DEWHURST, C. F.; LAUER, S.; KING, W. J. 2003. Fipronil: environmental fate, ecotoxicology, and human health concerns. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 176, 1- 66.

TORDOIR, W. F.; VAN SITTERT, N. J., 1994. Organochlorines. Toxicology 91, 51 - 57.

VAGULA, M. C.; KONIECZKO, E. M. 2012. Lipid Peroxidation and Polybrominated Diphenyl Ethers - A Toxicological Perspective, in: CATALA, A. (Eds). Lipid Peroxidation. InTech, 515 – 536.

VOOREN, C.M.; BRUSQUE, L.F. 1999. As aves do ambiente costeiro do Brasil: Biodiversidade e Conservação. Rio Grande: Fundação Universidade do Rio Grande, 58p.

WADE, T. L.; CANTILLO, A. Y. 1994. Use of standards and reference materials in the measurement of chlorinated hydrocarbon residues. Chemistry Workbook. NOAA Technical memorandum NOS ORCA 77, Silver Spring, Maryland, 59p.

WARHAM, J. 1990. The petrels: their ecology and breeding systems. London: Academic Press, 440p.

WEBER, R. R.; MONTONE, R. C. 1990. Distribution of organochlorines in the atmosphere of the South Atlantic and Antarctic Oceans, in: KURZ, D. A. (Ed.), Long Range transport of Pesticides. Lewis Publisher, Chelsea, Michigan, USA, pp. 185 – 197.

WELLS, D. E.; CAMPBELL, L.A.; ROSS, H. M.; THOMPSON, P. M.; LOCKYER, C. H. 1994. Organochlorine residues in harbor porpoise and bottlenose dolphins stranded on the coast of Scotland, 1988 - 1991. The Science of the Total Environment 151, 77 - 99.

WHEATLEY, G. A. 1973. Pesticides in the atmosphere, in: EDWARDS, C. A. (Ed.) Environmental pollution by pesticides. Plenum Press, London, pp. 365 – 408.

WIEMEYER, S. N,; BUNCK, C. M.; STAFFORD, C. J. 1993. Environmental contaminants in bald eagle eggs 1980-84 and further interpretations of relationships to productivity and shell thickness. Archives of Environmental Contamination & Toxicology 24, 213 - 227.

WIEMEYER, S. N.; LAMONT, T. G.; BUNCK, C. M.; SINDELAR, C. R, GRAMLICH F. J.; FRASER, J. D.; BYRD, M. A. 1984. Organochlorine pesticide, polychlorobiphenyl, and mercury residues in bald eagle eggs – 1969 - 79 - and their relationships to shell thinning and reproduction. Archives of Environmental Contamination & Toxicology 13, 529 – 549.

WONG, A.; LEI, Y. D.; ALAEE, M. & WANIA F. 2001. Vapor pressure of the Polibrominated diphenyl ethers. Journal of Chemistry & Engineering Data 46, 239 - 242.

XAVIER, M. O. SOARES, M. P; MEINERZ, A. R. M.; NOBRE, M. O.; OSÓRIO, L. O.; SILVA-FILHO, R. P; MEIRELES, M. C. A. 2007. Aspergillosis: a limiting factor during

recovery of captive magellanic penguins. Brazilian Journal of Microbiology. 38: 480-484.

YAMASHITA, N.; TANABE, S.; LUDWIG, J. P.; KURITA, H.; LUDWIG, M. E; TATSUKAWA, R. 1993. Embryonic abnormalities and organochlorine contamination in double-crested cormorants (*Phalacrocorax auritus*) and Caspian terns (*Hydroprogne caspia*) from the upper Great Lakes in 1988. Environmental Pollution, 79, 163-173.

YOGUI, G.T. 2002. Ocorrência de compostos organoclorados (pesticidas e PCBs) em mamíferos marinhos da costa de São Paulo (Brasil) e da Ilha Rei George (Antártica). Dissertação de mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 139p.

YOGUI, G. T.; SANTOS, M. C. O.; MONTONE, R. C. 2003. Chlorinated pesticides and polychlorinated biphenyls in marine tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) from the Cananeia estuary, southeastern Brazil. The Science of The Total Environment 312, 67 – 78.

# 7 APÊNDICES

# APÊNDICE 1

Concentração de PCBs (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus* magellanicus. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | AVE 261 | AVE 302 | AVE 339 | AVE 387 | AVE 391 | AVE 395 | AVE 411 | AVE 416 | AVE 418 | AVE 422 | AVE 434 | AVE 441 | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PCB 8** | 8,68 | 1,64 | n.d. | 2,00 | n.d. | 13,4 | 1,96 | n.d. | 0,80 | 2,00 | n.d. | n.d. | 0,38 |
| **PCB 18** | 12,3 | 1,32 | 1,40 | n.d. | 0,60 | 2,32 | 1,80 | n.d. | 1,16 | 2,36 | n.d. | 1,28 | 0,43 |
| **PCB 31** | 9,72 | 1,12 | 1,20 | 0,72 | 2,08 | 1,20 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,60 | 1,92 | 1,92 | 0,48 |
| **PCB 28** | 9,32 | 1,56 | n.d. | 2,44 | 2,04 | 0,72 | 0,64 | n.d. | 3,12 | 1,40 | 1,08 | 2,12 | 0,49 |
| **PCB 33** | 4,52 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,7 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 | 0,41 |
| **PCB 52** | 7,88 | 1,5 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,9 | 1,0 | n.d. | 1,2 | n.d. | n.d. | 2,48 | 0,54 |
| **PCB 49** | 2,92 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 44** | 4,84 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,44 | 0,58 |
| **PCB 74** | 10,6 | 1,80 | 0,76 | 3,20 | 2,92 | n.d. | 1,72 | 1,44 | 4,88 | 2,48 | 2,28 | 1,72 | 0,49 |
| **PCB 70** | 8,08 | 0,68 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,80 | 0,52 |
| **PCB 66** | 17,0 | 4,00 | 1,84 | 3,60 | 5,56 | n.d. | 2,92 | 3,68 | 6,56 | 2,56 | 6,44 | 2,92 | 0,57 |
| **PCB 95** | n.d. | 0,60 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,92 | 0,54 |
| **PCB 56/60** | 5,36 | 0,72 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,00 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **PCB 101** | 14,0 | 0,80 | n.d. | n.d. | 2,84 | n.d. | 1,96 | 1,44 | 1,96 | n.d. | 3,48 | 2,00 | 0,30 |
| **PCB 99** | 76,1 | 10,1 | 8,56 | 13,9 | 32,1 | n.d. | 24,6 | 19,0 | 28,6 | 12,0 | 32,2 | 19,2 | 0,58 |
| **PCB 97** | 1,92 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,46 |
| **PCB 81** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,80 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 |
| **PCB 87** | 6,28 | 1,36 | n.d. | 2,00 | 2,52 | n.d. | 1,68 | 2,24 | 2,68 | 1,64 | 2,48 | 1,36 | 0,41 |
| **PCB 77** | 4,52 | 1,04 | n.d. | 0,56 | 0,92 | n.d. | 0,84 | 0,88 | 1,16 | 0,80 | 1,64 | n.d. | 0,51 |
| **PCB 110** | 4,84 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 151** | 3,84 | 1,64 | 1,24 | 1,40 | 3,28 | n.d. | 2,00 | 0,96 | 1,72 | n.d. | 6,88 | 2,20 | 0,60 |
| **PCB 123** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,50 |
| **PCB 149** | 10,1 | 1,64 | 1,08 | n.d. | 6,40 | n.d. | 3,52 | 1,36 | 1,08 | 1,00 | 11,4 | 2,16 | 0,58 |
| **PCB 118** | 171 | 25,9 | 12,1 | 37,4 | 43,6 | n.d. | 37,5 | 35,8 | 53,9 | 30,4 | 33,6 | 30,5 | 0,56 |
| **PCB 114** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,72 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **PCB 153** | 603 | 55,5 | 42,8 | 91,1 | 186 | 0,84 | 192 | 174 | 204 | 79,7 | 127 | 141 | 0,38 |
| **PCB 132** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 105** | 51,9 | 7,76 | 3,48 | 7,88 | 13,9 | n.d. | 9,24 | 10,2 | 14,1 | 7,24 | 12,6 | 7,92 | 0,51 |
| **PCB 141** | 2,88 | 1,64 | 0,92 | 0,80 | 2,68 | n.d. | 1,68 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,28 | 0,44 |
| **PCB 138** | 503 | 52,4 | 39,6 | 73,8 | 148 | n.d. | 134 | 169 | 138 | 67,5 | 116 | 108 | 0,46 |
| **PCB 158** | 17,1 | 2,88 | 2,24 | 5,76 | 9,92 | n.d. | 7,28 | 8,12 | 6,28 | 2,72 | 4,76 | 5,00 | 0,53 |
| **PCB 126** | 9,60 | 1,92 | 0,88 | 1,64 | n.d. | 0,68 | 2,96 | n.d. | 2,88 | n.d. | 3,00 | n.d. | 0,66 |
| **PCB 187** | 169 | 13,6 | 15,2 | 20,1 | 56,8 | 1,32 | 52,7 | 67,8 | 46,3 | 18,7 | 45,2 | 44,1 | 0,77 |
| **PCB 183** | 70,2 | 5,52 | 4,56 | 7,88 | 18,8 | n.d. | 22,7 | 22,3 | 17,2 | 7,52 | 11,9 | 14,6 | 0,75 |
| **PCB 128** | 72,2 | 7,20 | 5,20 | 8,68 | 20,2 | n.d. | 19,8 | 20,7 | 13,0 | 9,00 | 15,7 | 14,6 | 0,45 |
| **PCB 167** | 30,5 | 3,16 | 2,00 | 5,88 | 6,92 | n.d. | 8,52 | 14,4 | 8,44 | 4,08 | 4,32 | 5,72 | 0,72 |
| **PCB 174** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,24 | n.d. | 0,80 | n.d. | n.d. | n.d. | 2,60 | n.d. | 0,71 |
| **PCB 177** | 36,2 | 3,20 | 3,76 | 4,52 | 12,8 | n.d. | 10,2 | 15,4 | 8,72 | 4,32 | 14,4 | 9,12 | 0,56 |
| **PCB 156** | 39,6 | 4,52 | 2,16 | 7,24 | 10,0 | n.d. | 10,2 | 10,6 | 10,5 | 6,32 | 7,80 | 8,08 | 0,59 |
| **PCB 157** | 17,5 | 1,72 | 1,20 | 1,76 | 3,40 | n.d. | 3,88 | 3,80 | 2,76 | 2,12 | 2,88 | 3,32 | 0,73 |
| **PCB 180** | 426 | 28,5 | 20,9 | 47,4 | 89,9 | 2,0 | 114 | 129 | 94,6 | 35,7 | 51,7 | 74,7 | 0,62 |
| **PCB 169** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,56 | 0,53 |
| **PCB 170** | 184,4 | 10,7 | 8,16 | 17,0 | 42,2 | n.d. | 50,1 | 53,7 | 34,0 | 15,0 | 28,0 | 34,8 | 0,53 |
| **PCB 199** | 36,5 | 2,00 | 2,80 | 4,36 | 11,0 | n.d. | 11,4 | 11,9 | 8,76 | n.d. | 6,60 | 7,88 | 0,58 |
| **PCB 203** | 23,8 | 3,24 | 2,12 | 6,76 | 8,84 | n.d. | 12,8 | 12,0 | 7,36 | 3,92 | 4,96 | 8,16 | 0,63 |
| **PCB 189** | 11,8 | n.d. | 0,84 | 2,64 | 2,00 | n.d. | 2,40 | 3,08 | 1,52 | n.d. | 0,64 | 1,80 | 0,60 |
| **PCB 195** | 14,8 | n.d. | n.d. | n.d. | 2,64 | n.d. | 4,96 | 3,36 | 3,24 | n.d. | 1,84 | 2,32 | 1,01 |
| **PCB 194** | 53,2 | 2,40 | 2,20 | 5,32 | 11,3 | n.d. | 14,7 | 14,6 | 8,48 | 4,76 | 5,80 | 9,36 | 1,09 |
| **PCB 206** | 15,3 | n.d. | n.d. | n.d. | 2,76 | n.d. | 3,28 | 5,28 | 3,20 | 1,20 | 1,52 | 2,52 | 1,02 |
| **PCB 209** | 11,4 | n.d. | n.d. | n.d. | 2,52 | n.d. | 3,68 | 1,44 | 1,76 | 0,96 | 1,60 | 2,08 | 0,74 |
| **∑ PCBs** | **2794** | **265** | **189** | **388** | **768** | **24,7** | **776** | **818** | **746** | **328** | **575** | **581** | |

Ubatuba/SP - 2008.

APÊNDICE 2

Concentração de PCBs (ng g-1 peso úmido) encontradas no tecido hepático de Spheniscus magellanicus. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | AVE 450 | AVE 454 | AVE 500 | AVE 519 | AVE 342 | AVE 360 | AVE 440 | AVE 465 | AVE 491 | AVE 515 | AVE 521 | AVE 548 | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PCB 8** | 2,68 | 0,92 | 5,28 | 2,48 | n.d. | 2,00 | n.d. | 0,96 | 0,44 | n.d. | 2,20 | n.d. | 0,38 |
| **PCB 18** | 1,40 | 1,72 | 1,80 | 1,32 | n.d. | 1,32 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,96 | 2,32 | 0,64 | 0,43 |
| **PCB 31** | 2,84 | 1,00 | 1,08 | n.d. | n.d. | 1,00 | 1,56 | 0,48 | n.d. | n.d. | 4,04 | 0,72 | 0,48 |
| **PCB 28** | 2,28 | n.d. | 0,6 | n.d. | 0,60 | 1,56 | 1,16 | 1,76 | n.d. | n.d. | 2,60 | 2,68 | 0,49 |
| **PCB 33** | 1,12 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,60 | 1,64 | n.d. | 0,84 | n.d. | n.d. | 2,44 | n.d. | 0,41 |
| **PCB 52** | 3,96 | n.d. | n.d. | 0,76 | n.d. | 1,24 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,54 |
| **PCB 49** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,56 | n.d. | 0,52 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 44** | 2,24 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 74** | 3,36 | 0,80 | 1,96 | n.d. | 0,68 | 0,60 | 2,20 | 1,40 | 0,68 | n.d. | 3,16 | 4,12 | 0,49 |
| **PCB 70** | 1,96 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,28 | n.d. | 0,52 |
| **PCB 66** | 6,24 | 1,56 | 2,16 | n.d. | 0,64 | 1,48 | 6,00 | 2,12 | 1,52 | n.d. | 4,84 | 6,76 | 0,57 |
| **PCB 95** | 1,64 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,8 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,54 |
| **PCB 56/60** | 1,68 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,60 | 0,88 | n.d. | n.d. | 2,24 | 0,84 | 0,41 |
| **PCB 101** | 5,28 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,64 | 3,64 | 1,24 | n.d. | n.d. | 1,76 | 0,68 | 0,30 |
| **PCB 99** | 35,7 | 6,68 | 10,9 | n.d. | 3,64 | 2,88 | 32,7 | 8,72 | 8,80 | n.d. | 20,6 | 28,0 | 0,58 |
| **PCB 97** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,46 |
| **PCB 81** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,5 | n.d. | 0,72 | 0,52 |
| **PCB 87** | 2,12 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,04 | 0,60 | n.d. | n.d. | 3,56 | n.d. | 0,41 |
| **PCB 77** | 1,08 | n.d. | 0,56 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,40 | n.d. | 0,92 | n.d. | 0,60 | 1,04 | 0,51 |
| **PCB 110** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,96 | n.d. | n.d. | 0,60 | n.d. | 0,48 |
| **PCB 151** | 2,16 | n.d. | 1,28 | 0,64 | 0,96 | n.d. | 6,88 | 0,84 | 2,20 | n.d. | 1,12 | 1,64 | 0,60 |
| **PCB 123** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,50 |
| **PCB 149** | 3,36 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 11,7 | 0,96 | 3,04 | n.d. | 1,72 | 1,76 | 0,58 |
| **PCB 118** | 34,0 | 14,6 | 16,3 | n.d. | 9,48 | 4,04 | 34,4 | 15,0 | 13,8 | 0,64 | 43,6 | 47,3 | 0,56 |
| **PCB 114** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **PCB 153** | 154,0 | 50,6 | 51,0 | 3,04 | 60,8 | 19,9 | 127,8 | 50,4 | 36,6 | 1,52 | 141,0 | 161,8 | 0,38 |
| **PCB 132** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 105** | 7,16 | 3,00 | 3,44 | n.d. | 2,68 | 1,64 | 13,3 | 4,20 | 6,08 | 0,52 | 11,1 | 13,0 | 0,51 |
| **PCB 141** | 1,28 | n.d. | 0,92 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,28 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,44 |
| **PCB 138** | 78,5 | 43,4 | 38,2 | 2,12 | 41,5 | 14,5 | 118 | 32,3 | 34,1 | 1,72 | 138 | 125 | 0,46 |
| **PCB 158** | 3,24 | 2,20 | 1,76 | 0,56 | 2,36 | 0,84 | 4,28 | 2,40 | 1,92 | n.d. | 5,36 | 5,28 | 0,53 |
| **PCB 126** | 2,96 | n.d. | 1,40 | n.d. | n.d. | n.d. | 3,00 | 1,56 | 1,36 | n.d. | 2,84 | 3,08 | 0,66 |
| **PCB 187** | 46,8 | 12,8 | 14,6 | 1,6 | 24,6 | 8,4 | 45,2 | 15,5 | 11,0 | n.d. | 40,2 | 43,7 | 0,77 |
| **PCB 183** | 13,8 | 4,64 | 5,28 | n.d. | 7,04 | 4,04 | 11,9 | 5,08 | 3,24 | 0,88 | 13,7 | 15,0 | 0,75 |
| **PCB 128** | 6,72 | 5,12 | 4,68 | 1,20 | 3,88 | 2,52 | 15,4 | 4,36 | 5,04 | n.d. | 17,2 | 11,2 | 0,45 |
| **PCB 167** | 4,48 | 2,16 | 2,48 | n.d. | 2,68 | 1,08 | 4,32 | 2,00 | 1,72 | n.d. | 6,96 | 6,48 | 0,72 |
| **PCB 174** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,00 | n.d. | 1,80 | n.d. | 1,76 | 1,32 | 0,71 |
| **PCB 177** | 7,40 | 2,76 | 3,28 | 0,80 | 4,28 | 2,12 | 14,4 | 3,68 | 3,52 | n.d. | 10,3 | 9,16 | 0,56 |
| **PCB 156** | 6,00 | 3,16 | 3,40 | n.d. | 2,80 | 1,60 | 7,80 | 2,84 | 2,48 | 0,76 | 10,1 | 9,88 | 0,59 |
| **PCB 157** | 1,72 | 1,08 | 0,76 | n.d. | 0,88 | n.d. | 2,88 | 1,32 | 1,04 | 0,80 | 3,64 | 2,44 | 0,73 |
| **PCB 180** | 58,1 | 26,1 | 24,7 | 2,68 | 47,6 | 14,5 | 51,7 | 21,7 | 14,5 | 1,56 | 79,7 | 75,0 | 0,62 |
| **PCB 169** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,53 |
| **PCB 170** | 15,4 | 9,36 | 9,00 | 1,68 | 14,8 | 7,04 | 28,0 | 8,28 | 7,80 | n.d. | 33,8 | 23,2 | 0,53 |
| **PCB 199** | 6,32 | 2,80 | 2,32 | n.d. | 5,36 | 3,24 | 6,60 | 4,36 | 1,96 | n.d. | 9,52 | 6,36 | 0,58 |
| **PCB 203** | 5,28 | 2,20 | n.d. | n.d. | 4,80 | 2,28 | 4,96 | 2,40 | n.d. | n.d. | 6,72 | 5,36 | 0,63 |
| **PCB 189** | 1,08 | 1,28 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,64 | n.d. | n.d. | n.d. | 2,16 | 1,40 | 0,60 |
| **PCB 195** | 1,88 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,84 | n.d. | n.d. | n.d. | 2,00 | 1,60 | 1,01 |
| **PCB 194** | 5,48 | 3,32 | 4,24 | n.d. | 4,60 | 3,68 | 5,80 | 3,16 | 1,24 | n.d. | 8,32 | 5,52 | 1,09 |
| **PCB 206** | 1,16 | n.d. | 1,28 | n.d. | n.d. | 2,32 | 1,52 | 1,52 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,02 |
| **PCB 209** | 2,64 | n.d. | 1,40 | n.d. | n.d. | 1,68 | 1,60 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,74 |
| **∑ PCBs** | **546** | **203** | **216** | **18,9** | **248** | **111** | **580** | **206** | **167** | **9,9** | **643** | **623** | |

Ubatuba/SP - 2008.

# APÊNDICE 3

Concentração de PCBs (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | AVE 555* | AVE 1055** | AVE 1063** | AVE 1066** | AVE 1070** | AVE 1078** | AVE 1091** | AVE 1093** | AVE 1099** | AVE 1111** | AVE 1112** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PCB 8** | n.d. | 1,16 | n.d. | 4,40 | 1,24 | 12,7 | n.d. | 15,36 | 5,40 | 5,31 | n.d. | 0,38 |
| **PCB 18** | n.d. | n.d. | 0,76 | n.d. | 2,52 | 7,92 | n.d. | 15,5 | 2,28 | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **PCB 31** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,72 | 2,96 | 12,9 | 0,76 | 14,0 | 2,20 | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 28** | n.d. | n.d. | 1,68 | n.d. | 1,08 | 12,4 | 3,16 | 19,9 | 4,88 | 1,88 | 1,08 | 0,49 |
| **PCB 33** | n.d. | 1,00 | 0,48 | 0,60 | 2,44 | 9,64 | 2,52 | 14,2 | 5,08 | 1,24 | n.d. | 0,41 |
| **PCB 52** | n.d. | 1,24 | n.d. | n.d. | 4,16 | 15,2 | 1,32 | 28,3 | 2,84 | n.d. | n.d. | 0,54 |
| **PCB 49** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,56 | 5,32 | 1,20 | 8,40 | 2,08 | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 44** | n.d. | 0,68 | n.d. | n.d. | 2,92 | 12,6 | n.d. | 22,6 | 2,44 | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 74** | 1,20 | 0,84 | 1,00 | 1,12 | 1,96 | 6,16 | 3,20 | 7,48 | 3,16 | 1,64 | 1,24 | 0,49 |
| **PCB 70** | n.d. | n.d. | 1,32 | n.d. | 3,80 | 11,3 | 2,96 | 20,7 | 3,16 | n.d. | 1,96 | 0,52 |
| **PCB 66** | 1,96 | 0,80 | 2,48 | n.d. | 3,60 | 10,5 | 4,56 | 14,4 | 4,44 | 0,76 | 2,72 | 0,57 |
| **PCB 95** | n.d. | n.d. | 0,56 | n.d. | 3,08 | 13,7 | 3,24 | 20,2 | 3,32 | n.d. | n.d. | 0,54 |
| **PCB 56/60** | n.d. | n.d. | 2,48 | n.d. | 1,88 | 5,68 | 2,76 | 9,60 | 2,40 | 0,64 | 2,00 | 0,41 |
| **PCB 101** | n.d. | n.d. | 2,16 | n.d. | 5,68 | 16,4 | 3,88 | 23,7 | 2,84 | 1,64 | n.d. | 0,30 |
| **PCB 99** | 14,2 | 4,56 | 17,0 | 8,68 | 10,2 | 12,9 | 12,6 | 17,9 | 6,44 | 7,28 | 13,5 | 0,58 |
| **PCB 97** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,52 | 3,92 | 2,76 | 10,8 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,46 |
| **PCB 81** | n.d. | n.d. | 1,60 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,36 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 |
| **PCB 87** | 0,84 | n.d. | 3,20 | n.d. | 2,96 | 5,96 | 1,96 | 12,4 | 0,84 | n.d. | 1,20 | 0,41 |
| **PCB 77** | 0,68 | n.d. | 0,60 | n.d. | 1,20 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 | n.d. | n.d. | 0,51 |
| **PCB 110** | n.d. | n.d. | 1,00 | n.d. | 4,16 | 9,80 | 3,56 | 15,4 | 1,40 | 0,64 | n.d. | 0,48 |
| **PCB 151** | 2,20 | n.d. | 1,40 | n.d. | 1,88 | n.d. | 0,96 | 2,64 | 0,76 | n.d. | 1,08 | 0,60 |
| **PCB 123** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,88 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,50 |
| **PCB 149** | 1,84 | n.d. | 1,80 | n.d. | 2,76 | 3,00 | 1,68 | 8,84 | n.d. | 1,48 | 0,60 | 0,58 |
| **PCB 118** | 23,6 | 10,3 | 38,5 | 17,0 | 20,6 | 26,0 | 31,5 | 18,5 | 13,3 | 14,7 | 34,1 | 0,56 |
| **PCB 114** | n.d. | 0,60 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **PCB 153** | 74,1 | 42,6 | 121 | 64,0 | 70,6 | 52,9 | 96,5 | 47,8 | 45,4 | 54,8 | 113 | 0,38 |
| **PCB 132** | n.d. | 73,1 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 85,2 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 105** | 6,32 | 2,56 | 10,9 | 4,12 | 6,36 | 11,2 | 8,88 | 8,52 | 3,92 | 4,92 | 9,44 | 0,51 |
| **PCB 141** | 1,28 | n.d. | 0,52 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,44 |
| **PCB 138** | 75,2 | 37,5 | 119,5 | 57,0 | 73,6 | 51,1 | 102 | 48,2 | 44,8 | 46,6 | 99,3 | 0,46 |
| **PCB 158** | 2,56 | 29,6 | 3,24 | 2,44 | 4,12 | 2,68 | 6,88 | 3,28 | 2,52 | 1,84 | 3,40 | 0,53 |
| **PCB 126** | 1,60 | n.d. | 3,16 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,84 | 1,40 | 2,60 | 0,66 |
| **PCB 187** | 22,5 | 12,2 | 41,3 | 18,6 | 24,0 | 15,0 | 36,1 | 18,1 | 16,8 | 16,0 | 35,0 | 0,77 |
| **PCB 183** | 7,08 | 4,16 | 12,3 | 6,72 | 7,48 | 5,12 | 12,8 | 5,76 | 4,64 | 3,64 | 10,7 | 0,75 |
| **PCB 128** | 8,32 | 4,92 | 14,2 | 8,36 | 12,5 | 9,88 | 15,0 | n.d. | 5,60 | 6,64 | 13,1 | 0,45 |
| **PCB 167** | 3,88 | 2,16 | 4,52 | 3,84 | 3,84 | 2,88 | 9,60 | 4,36 | 2,44 | 2,40 | 6,00 | 0,72 |
| **PCB 174** | 1,20 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,24 | 1,56 | 0,71 |
| **PCB 177** | 6,28 | 3,24 | 12,2 | 4,52 | 7,48 | n.d. | 12,2 | 8,96 | 5,16 | 4,32 | 7,40 | 0,56 |
| **PCB 156** | 4,96 | 2,44 | 7,96 | 3,24 | 4,76 | 3,32 | 5,48 | n.d. | 2,40 | 2,56 | 6,28 | 0,59 |
| **PCB 157** | 1,52 | 0,84 | 2,12 | 1,44 | 1,60 | n.d. | 1,56 | 1,76 | 1,12 | n.d. | 1,72 | 0,73 |
| **PCB 180** | 35,6 | 26,7 | 68,4 | 38,3 | 38,6 | 29,4 | 57,0 | 34,6 | 28,5 | 29,4 | 64,7 | 0,62 |
| **PCB 169** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,53 |
| **PCB 170** | 13,9 | 10,8 | 25,8 | 16,7 | 17,7 | n.d. | 24,2 | 14,2 | 12,6 | 11,2 | 22,0 | 0,53 |
| **PCB 199** | 4,72 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 423 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 203** | 3,60 | n.d. | 6,92 | 5,08 | 4,48 | n.d. | 6,04 | n.d. | n.d. | 2,08 | 5,24 | 0,63 |
| **PCB 189** | n.d. | 1,12 | 1,16 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,20 | 0,60 |
| **PCB 195** | n.d. | n.d. | 3,2 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,40 | n.d. | 2,28 | 1,01 |
| **PCB 194** | 3,44 | 3,56 | 7,92 | 4,68 | 3,84 | 7,76 | 5,92 | n.d. | 2,96 | 4,28 | 5,76 | 1,09 |
| **PCB 206** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 7,20 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,02 |
| **PCB 209** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,74 |
| **∑ PCBs** | **325** | **279** | **544** | **272** | **366** | **835** | **487** | **605** | **251** | **231** | **470** | |

* Ubatuba/SP – 2008; **Ubatuba/SP – 2010

# APÊNDICE 4

Concentração de PCBs (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | AVE 1118* | PING 1** | PING 2** | PING 3** | PING 4** | PING 5** | PING 6** | PING 7** | PING 8** | PING 9** | PING 10** | PING 11** | 1288 *** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PCB 8** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,38 |
| **PCB 18** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,55 | n.d. | 0,43 |
| **PCB 31** | 2,24 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 28** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,49 |
| **PCB 33** | 1,56 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **PCB 52** | 1,68 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,70 | n.d. | 0,54 |
| **PCB 49** | 0,76 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 44** | 1,52 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,61 | n.d. | 0,58 |
| **PCB 74** | 1,40 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,49 |
| **PCB 70** | 1,24 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 | n.d. | 0,52 |
| **PCB 66** | 2,32 | n.d. | n.d. | 0,61 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,57 |
| **PCB 95** | 1,76 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,98 | n.d. | 0,54 |
| **PCB 56/60** | 1,20 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **PCB 101** | 1,28 | n.d. | n.d. | 0,46 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,4 | n.d. | 0,30 |
| **PCB 99** | 5,80 | n.d. | n.d. | 7,21 | 0,99 | n.d. | 1,64 | 1,83 | 1,64 | n.d. | n.d. | n.d. | 3,66 | 0,58 |
| **PCB 97** | 0,80 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,46 |
| **PCB 81** | 0,68 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 |
| **PCB 87** | 0,72 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **PCB 77** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,67 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,51 |
| **PCB 110** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,74 | n.d. | 0,48 |
| **PCB 151** | 0,68 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,60 |
| **PCB 123** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,86 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,95 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,60 | 0,50 |
| **PCB 149** | 0,68 | n.d. | n.d. | 3,01 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 118** | 16,5 | 1,86 | 1,04 | 13,7 | 2,47 | n.d. | 5,26 | 4,37 | 4,26 | n.d. | n.d. | n.d. | 6,02 | 0,56 |
| **PCB 114** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **PCB 153** | 43,7 | 6,16 | 3,64 | 38,2 | 6,04 | n.d. | 9,00 | 4,99 | 10,2 | n.d. | n.d. | n.d. | 17,6 | 0,38 |
| **PCB 132** | n.d. | 2,25 | 2,17 | 23,6 | 4,26 | n.d. | 9,11 | 10,2 | 12,2 | n.d. | n.d. | n.d. | 17,8 | 0,58 |
| **PCB 105** | 3,64 | n.d. | n.d. | 3,68 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,19 | 1,04 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,51 |
| **PCB 141** | n.d. | n.d. | n.d. | 2,40 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,44 |
| **PCB 138** | 38,8 | 3,05 | 0,93 | 39,7 | 4,94 | n.d. | 8,48 | 10,77 | 9,63 | n.d. | n.d. | n.d. | 4,23 | 0,46 |
| **PCB 158** | 1,24 | n.d. | n.d. | 5,36 | 0,81 | n.d. | 3,08 | 4,70 | 2,33 | n.d. | n.d. | n.d. | 4,65 | 0,53 |
| **PCB 126** | 0,92 | n.d. | n.d. | 1,03 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,66 |
| **PCB 187** | 12,8 | 2,06 | 0,84 | 18,4 | 1,82 | n.d. | 4,57 | 4,66 | 5,60 | n.d. | n.d. | n.d. | 7,87 | 0,77 |
| **PCB 183** | 4,36 | 1,07 | n.d. | 4,88 | n.d. | n.d. | 1,27 | 1,49 | 1,26 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,60 | 0,75 |
| **PCB 128** | 6,24 | 1,21 | 0,62 | 6,50 | 0,59 | n.d. | 2,78 | 2,78 | 2,14 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,19 | 0,45 |
| **PCB 167** | 3,32 | n.d. | n.d. | 1,75 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,72 |
| **PCB 174** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,01 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,71 |
| **PCB 177** | 3,00 | n.d. | n.d. | 4,75 | n.d. | n.d. | 0,95 | 1,87 | 1,48 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,10 | 0,56 |
| **PCB 156** | 3,16 | n.d. | n.d. | 2,17 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,75 | 0,93 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,97 | 0,59 |
| **PCB 157** | 0,80 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,73 |
| **PCB 180** | 22,6 | 7,35 | 3,11 | 34,2 | 5,21 | n.d. | 11,2 | 10,3 | 12,3 | n.d. | n.d. | n.d. | 12,7 | 0,62 |
| **PCB 169** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,53 |
| **PCB 170** | 10,2 | 2,26 | n.d. | 9,76 | n.d. | n.d. | 3,59 | 3,74 | 3,29 | n.d. | n.d. | 0,79 | 1,82 | 0,53 |
| **PCB 199** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 17,2 | n.d. | 0,58 |
| **PCB 203** | 1,92 | 1,27 | n.d. | 2,96 | 4,78 | n.d. | 5,75 | 3,70 | 0,88 | n.d. | n.d. | 2,10 | 2,23 | 0,63 |
| **PCB 189** | n.d. | 0,82 | 0,90 | 0,96 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,64 | n.d. | 0,60 |
| **PCB 195** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,27 | n.d. | 1,01 |
| **PCB 194** | 2,32 | n.d. | n.d. | 1,8 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,09 |
| **PCB 206** | 1,32 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,02 |
| **PCB 209** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,74 |
| **∑ PCBs** | **203** | **29,4** | **13,3** | **231** | **31,9** | **n.d.** | **66,7** | **68,3** | **69,2** | **n.d.** | **n.d.** | **26,4** | **83,9** | |

* Ubatuba/SP – 2010; **Guarujá/SP – 2011; *** Ubatuba/SP – 2011.

# APÊNDICE 5

Concentração de PCBs (ng g-1 peso úmido) encontradas no tecido hepático de Spheniscus magellanicus. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | 1241* | 1284* | 1** | 2** | 3** | 4** | 5** | 6** | 7** | 8** | 9** | 10** | 11** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PCB 8** | n.d. | n.d. | 1,77 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,97 | 0,69 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,38 |
| **PCB 18** | n.d. | n.d. | 0,64 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,45 | n.d. | 0,48 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 | 0,43 |
| **PCB 31** | n.d. | 1,39 | 1,49 | 0,5 | n.d. | n.d. | 1,71 | n.d. | 1,29 | 1,59 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 28** | n.d. | 1,99 | 1,95 | 0,6 | n.d. | n.d. | 0,99 | 1,02 | 1,25 | 1,24 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,49 |
| **PCB 33** | n.d. | 0,81 | 0,72 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,57 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,71 | 0,41 |
| **PCB 52** | n.d. | 4,90 | 0,95 | 1,18 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,65 | 0,73 | 1,34 | n.d. | n.d. | 1,13 | 0,54 |
| **PCB 49** | n.d. | 1,07 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 44** | n.d. | 3,09 | n.d. | 0,79 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,77 | n.d. | n.d. | 0,71 | 0,58 |
| **PCB 74** | n.d. | 1,24 | 1,05 | 1,38 | 0,65 | 0,62 | 1,14 | 0,78 | 0,92 | 1,21 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,49 |
| **PCB 70** | n.d. | 2,92 | n.d. | 0,8 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 |
| **PCB 66** | n.d. | 1,42 | 2,27 | 2,43 | n.d. | 1,01 | 2,15 | 0,87 | 1,39 | 2,27 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,57 |
| **PCB 95** | n.d. | 3,75 | n.d. | 1,55 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,54 |
| **PCB 56/60** | n.d. | 1,27 | 0,55 | 0,51 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,51 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **PCB 101** | n.d. | 3,73 | 0,79 | 2,00 | 0,35 | n.d. | 0,69 | 0,37 | 0,73 | 0,67 | n.d. | 0,37 | n.d. | 0,30 |
| **PCB 99** | 2,33 | 2,60 | 5,93 | 9,37 | 2,22 | 3,60 | 5,65 | 3,58 | 4,62 | 6,60 | 1,89 | 0,99 | 1,20 | 0,58 |
| **PCB 97** | n.d. | 0,55 | n.d. | 0,62 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,46 |
| **PCB 81** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 |
| **PCB 87** | n.d. | 1,57 | 0,61 | 1,69 | n.d. | n.d. | 0,84 | n.d. | 0,64 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **PCB 77** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,51 |
| **PCB 110** | n.d. | 2,54 | n.d. | 1,72 | n.d. | n.d. | 0,53 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 151** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,71 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,60 |
| **PCB 123** | n.d. | n.d. | 1,48 | 2,26 | 0,74 | 1,04 | 2,01 | 0,96 | 1,25 | 1,56 | n.d. | n.d. | 0,68 | 0,50 |
| **PCB 149** | n.d. | 1,37 | n.d. | 1,16 | n.d. | n.d. | 0,61 | n.d. | n.d. | 0,72 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 118** | 4,83 | 4,15 | 7,46 | 11,8 | 3,16 | 5,19 | 9,18 | 5,00 | 8,95 | 10,1 | 2,94 | 1,46 | 1,16 | 0,56 |
| **PCB 114** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **PCB 153** | 5,94 | 10,7 | 5,61 | 24,0 | 5,07 | 6,28 | 10,4 | 7,16 | 8,25 | 10,7 | 6,15 | 2,91 | 2,21 | 0,38 |
| **PCB 132** | 11,4 | 17,5 | 7,31 | 18,3 | 4,49 | 6,82 | 11,7 | 7,81 | 10,3 | 15,0 | 5,70 | 4,74 | 4,02 | 0,58 |
| **PCB 105** | 0,85 | 1,04 | 1,98 | 3,63 | 1,06 | 2,02 | 3,45 | 1,97 | 2,99 | 3,29 | 0,6 | n.d. | n.d. | 0,51 |
| **PCB 141** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,44 |
| **PCB 138** | 13,8 | 7,52 | 5,05 | 24,6 | 3,45 | 5,17 | 8,86 | 5,92 | 9,08 | 12,2 | 3,62 | 2,32 | 3,56 | 0,46 |
| **PCB 158** | 1,98 | n.d. | 4,15 | 7,98 | 1,77 | 3,56 | 5,96 | 4,15 | 4,85 | 5,71 | 2,97 | 1,37 | 1,32 | 0,53 |
| **PCB 126** | n.d. | n.d. | 1,3 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,5 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,66 |
| **PCB 187** | 6,85 | 2,48 | 1,60 | 6,65 | 1,20 | 1,55 | 3,02 | 1,81 | 1,97 | 2,86 | 2,57 | 1,92 | 2,00 | 0,77 |
| **PCB 183** | 2,31 | n.d. | n.d. | 1,54 | n.d. | n.d. | 1,01 | n.d. | 0,98 | 0,81 | n.d. | n.d. | 0,95 | 0,75 |
| **PCB 128** | 2,59 | 1,06 | 1,62 | 3,97 | 1,17 | 1,11 | 2,36 | 1,86 | 2,15 | 2,44 | 0,74 | n.d. | 0,75 | 0,45 |
| **PCB 167** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,22 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,76 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,72 |
| **PCB 174** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,71 |
| **PCB 177** | 1,48 | n.d. | n.d. | 1,25 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,56 |
| **PCB 156** | 1,02 | n.d. | n.d. | 1,26 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,84 | 0,82 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,59 |
| **PCB 157** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,73 |
| **PCB 180** | 12,5 | 3,67 | 1,73 | 5,13 | 0,95 | 1,28 | 2,32 | 1,58 | 2,56 | 2,79 | 2,92 | 1,94 | 1,70 | 0,62 |
| **PCB 169** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,53 |
| **PCB 170** | 4,85 | 1,05 | 0,77 | 1,90 | n.d. | 1,18 | 1,10 | 0,90 | 1,15 | 1,57 | 1,15 | n.d. | n.d. | 0,53 |
| **PCB 199** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 203** | n.d. | 6,07 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,63 |
| **PCB 189** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,8 | 0,60 |
| **PCB 195** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,01 |
| **PCB 194** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,09 |
| **PCB 206** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,02 |
| **PCB 209** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,74 |
| **∑ PCBs** | **72,8** | **91,5** | **58,8** | **143** | **26,3** | **40,4** | **76,2** | **47,4** | **70,1** | **87,6** | **31,3** | **18,0** | **23,3** | |

*Ubatuba/SP – 2011; **Ubatuba/SP – 2012.

# APÊNDICE 6

Concentração de PCBs (ng g-1 peso úmido) encontradas no tecido hepático de Spheniscus magellanicus. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | SC 78* | SC 79* | 115** | 181** | 182** | 187** | 188** | AM 228*** | AM 217*** | 2273*** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PCB 8** | n.d. | n.d. | n.d. | 4,63 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,38 |
| **PCB 18** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,82 | n.d. | 0,56 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **PCB 31** | n.d. | n.d. | n.d. | 2,27 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 28** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,39 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,8 | n.d. | n.d. | 0,49 |
| **PCB 33** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,94 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **PCB 52** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,77 | n.d. | 0,93 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,54 |
| **PCB 49** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 44** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,67 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 74** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,00 | 0,64 | 1,28 | 0,49 |
| **PCB 70** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,27 | n.d. | 0,63 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 |
| **PCB 66** | 1,08 | n.d. | n.d. | 1,38 | n.d. | n.d. | n.d. | 2,16 | n.d. | 1,92 | 0,57 |
| **PCB 95** | 0,88 | 1,72 | n.d. | 1,44 | n.d. | 0,74 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,54 |
| **PCB 56/60** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,42 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,64 | 0,41 |
| **PCB 101** | 2,16 | 1,16 | 0,43 | 1,13 | n.d. | 0,91 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,30 |
| **PCB 99** | 7,28 | 1,40 | 2,74 | 0,98 | 1,06 | n.d. | 0,92 | 15,64 | 8,92 | 20,7 | 0,58 |
| **PCB 97** | n.d. | 0,6 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,46 |
| **PCB 81** | 0,80 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 |
| **PCB 87** | 1,44 | 0,96 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,84 | 1,04 | 2,52 | 0,41 |
| **PCB 77** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,68 | n.d. | n.d. | 0,51 |
| **PCB 110** | 1,48 | 0,68 | 0,52 | 1,98 | n.d. | 0,6 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 151** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,76 | n.d. | 0,6 | 0,60 |
| **PCB 123** | n.d. | n.d. | 0,96 | 1,77 | 0,51 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,50 |
| **PCB 149** | 2,04 | 0,76 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,64 | 0,88 | 1,48 | 0,58 |
| **PCB 118** | 9,76 | 3,00 | 4,75 | 1,97 | 2,35 | n.d. | 1,31 | 73,3 | 38,3 | 47,8 | 0,56 |
| **PCB 114** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,56 | 0,43 |
| **PCB 153** | 32,5 | 9,60 | 7,20 | 1,22 | 3,57 | n.d. | 2,95 | 361 | 161 | 198 | 0,38 |
| **PCB 132** | n.d. | n.d. | 9,47 | 0,70 | 3,81 | n.d. | 2,72 | n.d. | n.d. | 321 | 0,58 |
| **PCB 105** | 2,24 | 0,64 | 1,37 | n.d. | 0,83 | n.d. | 0,63 | 13,4 | 9,52 | 11,2 | 0,51 |
| **PCB 141** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,44 |
| **PCB 138** | 33,4 | 6,32 | 8,42 | 0,83 | 2,15 | n.d. | 2,61 | 219 | 96,1 | 179 | 0,46 |
| **PCB 158** | 1,16 | n.d. | 4,38 | 0,70 | 1,56 | n.d. | 1,29 | 6,20 | 4,64 | 4,44 | 0,53 |
| **PCB 126** | 1,04 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,48 | 3,24 | 4,92 | 0,66 |
| **PCB 187** | 11,3 | 1,36 | 3,44 | n.d. | 1,48 | n.d. | 1,03 | 40,4 | 23,2 | 58,6 | 0,77 |
| **PCB 183** | 3,92 | 0,88 | 1,09 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 39,1 | 16,8 | 21,6 | 0,75 |
| **PCB 128** | 5,56 | 1,48 | 0,98 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,53 | 37,2 | 12,0 | 25,4 | 0,45 |
| **PCB 167** | 2,52 | 1,12 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 20,0 | 9,20 | 8,56 | 0,72 |
| **PCB 174** | n.d. | 0,96 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,24 | n.d. | n.d. | 0,71 |
| **PCB 177** | n.d. | n.d. | 0,56 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 6,44 | 5,52 | 16,1 | 0,56 |
| **PCB 156** | 2,92 | 1,48 | 0,86 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 22,8 | 9,88 | 9,84 | 0,59 |
| **PCB 157** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 5,40 | 3,00 | 2,80 | 0,73 |
| **PCB 180** | 16,6 | 3,95 | 3,95 | 0,72 | 1,32 | n.d. | 0,81 | 270 | 103 | 119 | 0,62 |
| **PCB 169** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,76 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,53 |
| **PCB 170** | 8,48 | n.d. | 1,28 | 0,99 | 0,58 | n.d. | n.d. | 106 | 37,7 | 50,5 | 0,53 |
| **PCB 199** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,67 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 203** | 4,28 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 13,5 | 0,63 |
| **PCB 189** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,08 | 2,76 | 3,76 | 0,60 |
| **PCB 195** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,19 | n.d. | n.d. | n.d. | 9,44 | 4,24 | 4,08 | 1,01 |
| **PCB 194** | 7,08 | 1,52 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 28,4 | 9,24 | 14,8 | 1,09 |
| **PCB 206** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,44 | n.d. | n.d. | n.d. | 3,16 | n.d. | 1,28 | 1,02 |
| **PCB 209** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,28 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,74 |
| **∑ PCBs** | **160** | **39,6** | **52,4** | **38,3** | **19,2** | **4,32** | **14,8** | **1293** | **561** | **1147** | |

* Florianópolis/SC – 2011; ** Florianópolis/SC – 2012, *** Imbé/RS - 2010.

# APÊNDICE 7

Concentração de PCBs (ng g-1 peso úmido) encontradas no tecido hepático de Spheniscus magellanicus. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | 2276* | 2314* | 2214* | 2281* | 2306* | 2356* | 2317* | 2355* | 356** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PCB 8** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,45 | 0,40 | n.d. | n.d. | 9,67 | 0,38 |
| **PCB 18** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,02 | n.d. | n.d. | n.d. | 7,36 | 0,43 |
| **PCB 31** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,22 | n.d. | 0,56 | n.d. | 27,4 | 0,48 |
| **PCB 28** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,43 | 0,56 | n.d. | n.d. | 11,0 | 0,49 |
| **PCB 33** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,94 | n.d. | n.d. | n.d. | 9,89 | 0,41 |
| **PCB 52** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,91 | 1,01 | 0,56 | 0,92 | 14,7 | 0,54 |
| **PCB 49** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,08 | n.d. | 0,68 | n.d. | 2,53 | 0,48 |
| **PCB 44** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,48 | n.d. | n.d. | 0,67 | 7,71 | 0,58 |
| **PCB 74** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,61 | 0,69 | 0,77 | n.d. | 2,96 | 0,49 |
| **PCB 70** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,84 | n.d. | n.d. | n.d. | 8,35 | 0,52 |
| **PCB 66** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,65 | n.d. | 6,85 | 0,57 |
| **PCB 95** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,01 | 0,84 | n.d. | 0,66 | 11,5 | 0,54 |
| **PCB 56/60** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,53 | 0,61 | n.d. | n.d. | 3,13 | 0,41 |
| **PCB 101** | n.d. | n.d. | 1,05 | n.d. | 0,96 | 0,84 | 0,70 | 0,71 | 7,13 | 0,30 |
| **PCB 99** | 4,52 | n.d. | n.d. | 2,61 | 0,72 | 2,21 | 3,98 | n.d. | 11,7 | 0,58 |
| **PCB 97** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,85 | 0,46 |
| **PCB 81** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 |
| **PCB 87** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,45 | 0,41 |
| **PCB 77** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,51 |
| **PCB 110** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,57 | 0,57 | 0,61 | 6,16 | 0,48 |
| **PCB 151** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,81 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,60 |
| **PCB 123** | n.d. | n.d. | 0,60 | 1,13 | n.d. | 0,97 | 1,39 | n.d. | 1,87 | 0,50 |
| **PCB 149** | 1,0 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,39 | 0,58 |
| **PCB 118** | 12,3 | n.d. | 2,75 | 4,93 | 0,65 | 4,44 | 5,59 | 0,56 | 23,8 | 0,56 |
| **PCB 114** | 1,16 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **PCB 153** | 51,3 | n.d. | 8,42 | 8,78 | 0,60 | 7,59 | 15,3 | 0,55 | 76,2 | 0,38 |
| **PCB 132** | n.d. | 1,76 | 4,47 | 10,6 | 0,95 | 13,5 | 12,4 | 0,96 | 71,7 | 0,58 |
| **PCB 105** | 4,84 | n.d. | 0,54 | 1,17 | n.d. | 0,93 | 1,52 | n.d. | 3,19 | 0,51 |
| **PCB 141** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,44 |
| **PCB 138** | 38,9 | 1,40 | 5,29 | 11,4 | 1,08 | 5,09 | 3,79 | n.d. | 29,5 | 0,46 |
| **PCB 158** | 1,56 | n.d. | 2,05 | 4,67 | n.d. | 4,45 | 4,15 | n.d. | 20,0 | 0,53 |
| **PCB 126** | 2,20 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,66 |
| **PCB 187** | 16,6 | n.d. | 2,10 | 4,14 | n.d. | 3,03 | 6,02 | n.d. | 14,2 | 0,77 |
| **PCB 183** | 4.20 | n.d. | n.d. | 1,84 | n.d. | 1,51 | 0,99 | n.d. | 5,79 | 0,75 |
| **PCB 128** | 5.24 | n.d. | 0,88 | 1,89 | n.d. | 1,55 | 2,01 | n.d. | 5,43 | 0,45 |
| **PCB 167** | 3.00 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,79 | n.d. | n.d. | 2,2 | 0,72 |
| **PCB 174** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,71 |
| **PCB 177** | 4,00 | n.d. | n.d. | 0,79 | n.d. | 0,92 | 0,74 | n.d. | 0,59 | 0,56 |
| **PCB 156** | 4,12 | n.d. | n.d. | 0,85 | n.d. | n.d. | 0,88 | n.d. | 2,88 | 0,59 |
| **PCB 157** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,73 |
| **PCB 180** | 28,1 | n.d. | 2,14 | 5,56 | n.d. | 4,91 | 4,65 | n.d. | 30,0 | 0,62 |
| **PCB 169** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,12 | 0,53 |
| **PCB 170** | 11,5 | n.d. | 0,65 | 2,67 | n.d. | 2,77 | 2,26 | n.d. | 5,26 | 0,53 |
| **PCB 199** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 203** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,84 | n.d. | 0,93 | n.d. | n.d. | 2,93 | 0,63 |
| **PCB 189** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,65 | 0,60 |
| **PCB 195** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,01 |
| **PCB 194** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,38 | 1,09 |
| **PCB 206** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,02 |
| **PCB 209** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,25 | 0,74 |
| **∑ PCBs** | **195** | **3,16** | **30,9** | **64,8** | **25,5** | **61,2** | **70,1** | **5,64** | **457** | |

* Imbé /RS – 2010; ** Imbé /RS – 2011.

# APÊNDICE 8

Concentração de PCBs (ng g-1 peso úmido) encontradas no tecido hepático de Spheniscus magellanicus. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | 2620* | 2679* | 361* | 457** | 470** | 486** | 490** | 570** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PCB 8** | 0,83 | 2,08 | 0,92 | 2,31 | 6,87 | 0,92 | 0,61 | n.d. | 0,38 |
| **PCB 18** | 1,64 | 2,01 | 2,40 | 2,46 | 7,47 | 1,98 | 1,51 | 0,47 | 0,43 |
| **PCB 31** | 2,93 | 2,92 | 4,12 | 1,92 | 19,0 | 2,69 | 3,71 | 2,23 | 0,48 |
| **PCB 28** | 2,77 | 4,05 | 2,87 | 4,07 | 11,9 | 2,97 | 2,71 | 1,55 | 0,49 |
| **PCB 33** | 1,52 | 2,07 | 2,02 | 2,59 | 9,61 | 2,19 | 1,95 | 1,28 | 0,41 |
| **PCB 52** | 2,61 | 2,79 | 3,58 | 3,76 | 12,4 | 3,48 | 2,46 | 2,90 | 0,54 |
| **PCB 49** | 0,61 | 0,98 | 0,88 | 1,73 | 4,45 | 0,82 | 0,79 | 0,79 | 0,48 |
| **PCB 44** | 1,79 | 1,50 | 2,32 | 2,58 | 7,36 | 2,03 | 1,47 | 0,96 | 0,58 |
| **PCB 74** | 0,54 | 1,69 | 0,83 | 1,00 | 4,6 | 0,73 | 1,67 | 0,90 | 0,49 |
| **PCB 70** | 1,05 | 0,92 | 1,04 | 1,42 | 6,34 | 1,47 | 0,59 | n.d. | 0,52 |
| **PCB 66** | 0,66 | 2,37 | 0,88 | 1,32 | 6,85 | 0,72 | 1,74 | 0,59 | 0,57 |
| **PCB 95** | 1,34 | 1,21 | 1,71 | 1,78 | 6,43 | 1,54 | 1,04 | 0,96 | 0,54 |
| **PCB 56/60** | n.d. | 0,54 | 0,88 | 0,54 | 3,23 | 0,47 | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **PCB 101** | 0,92 | 1,30 | 1,23 | 1,84 | 6,21 | 1,22 | 1,41 | 0,5 | 0,30 |
| **PCB 99** | 0,77 | 12,7 | 0,79 | 2,09 | 16,6 | 0,78 | 11,48 | 0,82 | 0,58 |
| **PCB 97** | 0,51 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,46 |
| **PCB 81** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 |
| **PCB 87** | n.d. | 1,21 | 1,00 | 0,51 | n.d. | 0,43 | 1,86 | n.d. | 0,41 |
| **PCB 77** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,51 |
| **PCB 110** | 0,59 | n.d. | 1,26 | 1,53 | 3,19 | 1,75 | n.d. | 0,94 | 0,48 |
| **PCB 151** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,30 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,60 |
| **PCB 123** | n.d. | 3,05 | n.d. | 0,87 | 4,22 | n.d. | 2,93 | n.d. | 0,50 |
| **PCB 149** | n.d. | 1,05 | 0,76 | 0,93 | n.d. | 1,11 | 0,75 | n.d. | 0,58 |
| **PCB 118** | 0,96 | 20,9 | 1,02 | 3,82 | 31,0 | 0,9 | 20,93 | 1,02 | 0,56 |
| **PCB 114** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **PCB 153** | 1,02 | 41,7 | 1,04 | 7,28 | 75,4 | n.d. | 46,1 | 0,72 | 0,38 |
| **PCB 132** | 0,71 | 35,3 | 1,28 | 8,82 | 62,3 | 0,95 | 48,0 | 1,84 | 0,58 |
| **PCB 105** | n.d. | 4,62 | n.d. | 0,88 | 8,28 | n.d. | 4,64 | n.d. | 0,51 |
| **PCB 141** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,44 |
| **PCB 138** | n.d. | 36,4 | 0,75 | 4,98 | 52,6 | 0,71 | 26,4 | 0,59 | 0,46 |
| **PCB 158** | n.d. | 16,6 | n.d. | 3,48 | 29,2 | n.d. | 9,86 | 1,02 | 0,53 |
| **PCB 126** | n.d. | 1,6 | n.d. | 2,6 | 1,23 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,66 |
| **PCB 187** | n.d. | 16,8 | n.d. | 4,17 | 20,3 | n.d. | 16,1 | n.d. | 0,77 |
| **PCB 183** | n.d. | 5,68 | n.d. | 1,85 | 6,71 | n.d. | 16,4 | n.d. | 0,75 |
| **PCB 128** | n.d. | 5,29 | n.d. | 1,69 | 10,42 | n.d. | 7,51 | n.d. | 0,45 |
| **PCB 167** | n.d. | 2,61 | n.d. | 0,76 | 4,86 | n.d. | 3,06 | n.d. | 0,72 |
| **PCB 174** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,71 |
| **PCB 177** | n.d. | 1,5 | n.d. | 0,61 | 2,09 | n.d. | 0,93 | n.d. | 0,56 |
| **PCB 156** | n.d. | 2,43 | n.d. | n.d. | 3,33 | n.d. | 1,78 | n.d. | 0,59 |
| **PCB 157** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,75 | n.d. | 0,73 |
| **PCB 180** | 0,63 | 22,5 | 0,68 | 4,38 | 31,3 | n.d. | 24,1 | 1,29 | 0,62 |
| **PCB 169** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,53 |
| **PCB 170** | n.d. | 7,46 | 1,08 | 1,98 | 6,80 | n.d. | 9,07 | n.d. | 0,53 |
| **PCB 199** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,74 | n.d. | n.d. | 0,81 | 0,58 |
| **PCB 203** | n.d. | 1,19 | n.d. | n.d. | 2,99 | n.d. | 1,59 | n.d. | 0,63 |
| **PCB 189** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,60 |
| **PCB 195** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,01 |
| **PCB 194** | n.d. | 1,13 | n.d. | n.d. | 4,04 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,09 |
| **PCB 206** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,03 | n.d. | 1,02 |
| **PCB 209** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,74 |
| **∑ PCBs** | **24,4** | **268** | **35,3** | **82,5** | **492** | **29,8** | **277** | **22,2** | |

* Imbé /RS – 2011; ** Imbé /RS – 2012.

# APÊNDICE 9

Concentração de PCBs (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| **Compostos** | CHILE 1* | CHILE 2** | CHILE 3** | CHILE 4** | 22*** | 24*** | 25*** | 26*** | 3*** | 27*** | 30*** | 31*** | 37*** | 48*** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PCB 8** | 2,73 | 0,47 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,86 | 1,41 | 2,85 | 1,15 | n.d. | n.d. | 0,82 | 2,49 | 0,93 | 0,38 |
| **PCB 18** | 4,58 | 2,03 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,49 | 0,80 | 0,53 | n.d. | 0,43 | 1,00 | 1,01 | 0,56 | 0,43 |
| **PCB 31** | 2,88 | 2,34 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,30 | 1,10 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 28** | 6,03 | 1,91 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,81 | 0,70 | n.d. | n.d. | n.d. | 2,60 | n.d. | 0,49 |
| **PCB 33** | 1,40 | 2,02 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,08 | 1,23 | 0,69 | n.d. | 0,71 | 0,50 | 1,33 | n.d. | 0,41 |
| **PCB 52** | 5,09 | 4,14 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,61 | 2,02 | 1,08 | n.d. | 1,13 | 0,82 | 2,26 | 0,82 | 0,54 |
| **PCB 49** | 1,53 | 1,54 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,51 | 0,55 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 | n.d. | 0,48 |
| **PCB 44** | 3,38 | 2,34 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,41 | n.d. | n.d. | 0,71 | n.d. | 1,92 | n.d. | 0,58 |
| **PCB 74** | 1,97 | 2,84 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 | n.d. | 0,49 |
| **PCB 70** | 3,70 | 3,38 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,57 | 0,68 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,73 | n.d. | 0,52 |
| **PCB 66** | 3,27 | 2,72 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,72 | 0,67 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,59 | n.d. | 0,57 |
| **PCB 95** | 5,82 | 4,74 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,68 | 0,57 | 1,07 | n.d. | n.d. | 1,34 | 1,11 | n.d. | 0,54 |
| **PCB 56/60** | 2,39 | 2,19 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,72 | n.d. | 0,41 |
| **PCB 101** | 5,50 | 4,63 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 | 1,49 | 1,01 | 0,37 | n.d. | 0,31 | 0,92 | n.d. | 0,30 |
| **PCB 99** | 3,32 | 7,75 | n.d. | 0,92 | n.d. | 0,59 | 1,06 | 2,05 | 0,74 | 0,99 | 1,20 | n.d. | 1,29 | 0,59 | 0,58 |
| **PCB 97** | 2,34 | 0,77 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,46 |
| **PCB 81** | 0,56 | 0,67 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,71 | n.d. | 0,52 |
| **PCB 87** | 3,17 | 3,32 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,42 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,37 | n.d. | 0,41 |
| **PCB 77** | n.d. | 1,19 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,51 |
| **PCB 110** | 4,78 | 3,75 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,62 | 1,36 | 0,73 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,10 | n.d. | 0,48 |
| **PCB 151** | 0,74 | 0,71 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,83 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,60 |
| **PCB 123** | 1,50 | 2,12 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 | 0,80 | 0,55 | n.d. | 0,68 | 1,78 | 1,01 | n.d. | 0,50 |
| **PCB 149** | 1,63 | 1,44 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,22 | 0,79 | n.d. | 0,58 |
| **PCB 118** | 1,70 | 16,42 | n.d. | 2,68 | n.d. | 0,83 | 0,92 | 2,12 | 0,63 | 1,46 | 1,16 | 0,99 | 2,88 | 0,83 | 0,56 |
| **PCB 114** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,00 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **PCB 153** | 1,10 | 42,7 | n.d. | 11,1 | 0,68 | 2,23 | 1,23 | 2,35 | 1,33 | 2,91 | 2,21 | 1,18 | 6,28 | 1,21 | 0,38 |
| **PCB 132** | 1,99 | 41,1 | n.d. | 18,7 | 0,59 | 1,52 | 1,19 | 3,57 | 1,33 | 4,74 | 4,02 | 3,37 | 5,92 | 1,56 | 0,58 |
| **PCB 105** | 3,77 | 2,62 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,70 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,48 | 1,11 | n.d. | 0,51 |
| **PCB 141** | 1,19 | 1,78 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,44 |
| **PCB 138** | 3,11 | 43,0 | n.d. | 4,12 | n.d. | 1,13 | 0,47 | 3,39 | 0,86 | 2,32 | 3,56 | 0,74 | 4,06 | 1,47 | 0,46 |
| **PCB 158** | 1,28 | 4,99 | n.d. | 3,24 | n.d. | 0,65 | n.d. | 1,69 | n.d. | 1,37 | 1,32 | 1,59 | 1,71 | 0,92 | 0,53 |
| **PCB 126** | 0,69 | 2,34 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,7 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,66 |
| **PCB 187** | 2,38 | 20,9 | n.d. | 4,32 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,15 | n.d. | 1,92 | 2,00 | 1,85 | 1,70 | 0,81 | 0,77 |
| **PCB 183** | 1,52 | 8,15 | n.d. | 2,11 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,87 | n.d. | n.d. | 0,95 | n.d. | 1,09 | n.d. | 0,75 |
| **PCB 128** | 2,71 | 6,46 | n.d. | 0,98 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,36 | n.d. | n.d. | 0,75 | n.d. | 0,63 | n.d. | 0,45 |
| **PCB 167** | 1,09 | 2,57 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,05 | n.d. | 0,72 |
| **PCB 174** | n.d. | 2,10 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,71 |
| **PCB 177** | 2,05 | 5,52 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,56 |
| **PCB 156** | 1,29 | 5,24 | n.d. | 0,83 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,59 |
| **PCB 157** | n.d. | 1,53 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,73 |
| **PCB 180** | n.d. | 42,9 | n.d. | 9,57 | n.d. | 0,96 | 0,93 | 0,78 | n.d. | 1,94 | 1,70 | n.d. | 2,14 | 1,04 | 0,62 |
| **PCB 169** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,75 | 0,6 | n.d. | 0,53 |
| **PCB 170** | n.d. | 12,2 | n.d. | 3,28 | n.d. | n.d. | 0,83 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,87 | n.d. | 0,53 |
| **PCB 199** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,94 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,78 | n.d. | 0,58 |
| **PCB 203** | 2,25 | n.d. | n.d. | 3,31 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,91 | n.d. | n.d. | n.d. | 2,62 | 0,86 | n.d. | 0,63 |
| **PCB 189** | n.d. | 4,08 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,8 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,60 |
| **PCB 195** | 7,51 | 6,67 | n.d. | 2,38 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,38 | n.d. | n.d. | 1,01 |
| **PCB 194** | 2,79 | 10,0 | n.d. | 2,90 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,09 |
| **PCB 206** | 1,72 | 5,96 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,03 | n.d. | 1,02 |
| **PCB 209** | 2,02 | 3,68 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,74 |
| **∑ PCBs** | **110** | **352** | | **70,4** | **1,27** | **8,77** | **15,5** | **41,4** | **14,4** | **18,0** | **23,3** | **25,7** | **55,7** | **10,7** | |

*Chile/ Punta Arenas 2011, **Chile/Concepcion 2011,***Uruguai – 2011.

# APÊNDICE 10

Concentração de pesticidas organoclorados (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | AVE 519 | AVE 504 | AVE 484 | AVE 450 | AVE 441 | AVE 324 | AVE 360 | AVE 363 | AVE 364 | AVE 407 | AVE 418 | AVE 391 | AVE 357 | AVE 411 | AVE 395 | AVE 422 | AVE 302 | AVE 313 | AVE 387 | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Aldrin** | 3,07 | n.d. | n.d. | 2,28 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,48 | n.d. | 1,27 | 1,26 | n.d. | 1,87 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,22 |
| **Dieldrin** | n.d. | n.d. | 7,64 | 8,11 | n.d. | 3,72 | n.d. | 3,66 | 4,87 | 6,12 | 12,0 | 5,98 | 10,5 | 8,48 | n.d. | 15,8 | 9,18 | n.d. | 13,1 | 0,23 |
| **Endrin** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,28 |
| **Isodrin** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,33 |
| **Endosulfan I** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,27 |
| **Endosulfan II** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,42 |
| **Metoxicloro** | n.d. | n.d. | 11,5 | 40,2 | n.d. | n.d. | n.d. | 23,6 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 7,99 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 7,24 | n.d. | 0,32 |
| **Oxiclordana** | n.d. | n.d. | n.d. | 6,81 | n.d. | n.d. | n.d. | 4,47 | n.d. | n.d. | 11,0 | n.d. | 6,99 | n.d. | n.d. | 12,0 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,47 |
| **α-clordano** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,45 |
| **γ-clordano** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,34 |
| **Heptacloro** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,22 |
| **Heptacloro epóxide A** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 10,7 | n.d. | 8,1 | n.d. | n.d. | 9,92 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,42 |
| **Heptacloro Epóxide B** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 8,06 | n.d. | n.d. | 4,64 | 6,10 | n.d. | 5,3 | n.d. | n.d. | 6,54 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| ***o, p'*- DDD** | n.d. | n.d. | 6,67 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 5,6 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,20 |
| ***p, p'*- DDE** | 2,49 | 5,99 | 88,7 | 210 | 14,1 | 66,9 | 16,2 | 122 | 109 | 223 | 255 | 202 | 52,8 | 166 | 2,30 | 133 | 111 | 24,5 | 155 | 0,27 |
| ***o, p'*- DDT** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,31 |
| ***p, p'*- DDD** | n.d. | n.d. | n.d. | 3,69 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 7,1 | n.d. | n.d. | 2,83 | n.d. | 5,39 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,29 |
| ***o, p'*- DDE** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 9,0 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,19 |
| ***p, p'*- DDT** | n.d. | 15,4 | n.d. | 8,39 | 5,07 | n.d. | n.d. | 8,05 | 4,99 | 11,2 | 12,6 | 12,3 | n.d. | 11,0 | n.d. | 4,10 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,28 |
| **HCB** | 6,33 | 67,6 | 17,8 | 35,7 | 6,69 | 31,8 | 4,37 | 21,0 | 37,7 | 28,3 | 40,7 | 16,3 | 63,7 | 11,9 | 2,71 | 50,1 | 51,9 | 3,09 | 58,0 | 0,30 |
| **Mirex** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 15,7 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 21,6 | n.d. | 5,91 | 16,2 | n.d. | 13,8 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **α-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,26 | 4,55 | n.d. | 1,12 | 1,13 | 1,26 | 1,71 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,31 | 1,54 | 3,4 | 0,31 |
| **δ-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **γ-HCH** | 6,94 | 4,10 | n.d. | 9,0 | 11,8 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 7,78 | n.d. | 7,56 | 7,73 | 7,55 | 5,73 | n.d. | 2,94 | n.d. | 0,36 |
| **β-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **∑ HCHs** | **6,94** | **4,10** | **n.d.** | **9,0** | **11,8** | **3,3** | **4,6** | **n.d.** | **1,12** | **1,13** | **9,04** | **1,71** | **7,56** | **7,73** | **7,55** | **5,73** | **2,31** | **4,48** | **3,39** | |
| **∑ DDTs** | **2,49** | **21,4** | **95,4** | **222** | **19,1** | **66,9** | **16,2** | **131** | **114** | **234** | **275** | **224** | **52,8** | **186** | **2,3** | **142** | **111** | **24,5** | **155** | |
| **∑ Clordanas** | **n.d.** | **n.d.** | **11,5** | **47,0** | **n.d.** | **n.d.** | **8,06** | **28,1** | **0,0** | **4,64** | **27,8** | **n.d.** | **28,4** | **0,0** | **n.d.** | **28,5** | **n.d.** | **7,24** | **n.d.** | |
| **∑ Cliclodienos** | **3,07** | **n.d.** | **7,64** | **10,4** | **n.d.** | **3,72** | **n.d.** | **3,66** | **4,87** | **6,12** | **13,5** | **5,98** | **11,7** | **9,74** | **n.d.** | **17,7** | **9,18** | **n.d.** | **13,1** | |
| **∑ Endosulfan** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | |

Ubatuba/SP - 2008

# APÊNDICE 11

Concentração de pesticidas organoclorados (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | AVE 339 | AVE 434 | AVE 482 | AVE 555 | AVE 440 | AVE 508 | AVE 1063 | AVE 1067 | AVE 1055 | AVE 1070 | AVE 1118 | AVE 1112 | AVE 1111 | AVE 1099 | AVE 1093 | AVE 1091 | AVE 1066 | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Aldrin** | n.d. | 1,61 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,04 | n.d. | n.d. | 0,22 |
| **Dieldrin** | 7,27 | 19,3 | 3,68 | 12,7 | n.d. | 2,27 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,26 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,23 |
| **Endrin** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,28 |
| **Isodrin** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,33 |
| **Endosulfan I** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,27 |
| **Endosulfan II** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,42 |
| **Metoxicloro** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,32 |
| **Oxiclordana** | n.d. | n.d. | n.d. | 7,13 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,47 |
| **α-clordano** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,45 |
| **γ-clordano** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,34 |
| **Heptacloro** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 5,88 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 7,98 | n.d. | n.d. | 0,22 |
| **Heptacloro epóxide A** | n.d. | n.d. | n.d. | 7,62 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 6,66 | n.d. | n.d. | 0,42 |
| **Heptacloro Epóxide B** | n.d. | n.d. | n.d. | 5,50 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| ***o, p'*- DDD** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,20 |
| ***p, p'*- DDE** | 54,86 | 169 | 79,59 | 136 | 2,57 | 84,1 | 16,60 | 12,4 | 5,49 | 9,41 | 9,24 | 15,3 | 7,66 | 6,00 | 5,21 | 10,7 | 11,3 | 0,27 |
| ***o, p'*- DDT** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,31 |
| ***p, p'*- DDD** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,29 |
| ***o, p'*- DDE** | n.d. | 5,50 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,19 |
| ***p, p'*- DDT** | n.d. | 9,60 | 4,50 | 5,01 | n.d. | 4,35 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,28 |
| **HCB** | 43,7 | 108 | 21,4 | 96,5 | 2,45 | 19,6 | n.d. | 12,8 | 7,15 | 3,39 | 30,9 | 19,7 | 8,51 | 10,4 | 7,87 | 11,6 | 16,1 | 0,30 |
| **Mirex** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **α-HCH** | n.d. | 1,15 | 1,29 | 1,10 | n.d. | 2,14 | 13,7 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,31 |
| **δ-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,05 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **γ-HCH** | 3,24 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,05 | 5,39 | 4,10 | 10,7 | 5,58 | 3,92 | 3,81 | 11,0 | n.d. | 4,9 | 3,6 | 0,36 |
| **β-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **∑ HCHs** | **3,24** | **1,15** | **1,29** | **1,10** | **0,0** | **2,14** | **19,8** | **5,39** | **4,10** | **10,7** | **5,58** | **3,92** | **3,81** | **11,0** | **0,0** | **4,9** | **3,63** | |
| **∑ DDTs** | **54,9** | **184** | **84,1** | **141** | **2,57** | **88,4** | **16,6** | **12,4** | **5,49** | **9,41** | **9,24** | **15,3** | **7,66** | **6,00** | **5,21** | **10,7** | **11,3** | |
| **∑ Clordanas** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **20,2** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **5,88** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **14,6** | **n.d.** | **n.d.** | |
| **∑ Cliclodienos** | **7,27** | **20,9** | **3,68** | **12,7** | **n.d.** | **2,27** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **2,26** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **2,04** | **n.d.** | **n.d.** | |
| **∑ Endosulfan** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | |

Ubatuba/SP - 2008

# APÊNDICE 12

Concentração de pesticidas organoclorados (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | CSC 79* | CSC 78* | AM 217** | AM 228** | 2273** | 2319** | 2276** | PING 1*** | PING 2*** | PING 3*** | PING 4*** | PING 6*** | PING 7*** | PING 8*** | PING 9*** | PING 10*** | PING 11*** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Aldrin** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,22 |
| **Dieldrin** | n.d. | n.d. | 13,3 | 2,40 | 7,17 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 8,25 | 4,52 | 5,35 | 4,61 | 3,23 | 2,68 | n.d. | n.d. | 0,23 |
| **Endrin** | n.d. | n.d. | 4,34 | n.d. | 5,79 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 5,80 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,28 |
| **Isodrin** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,33 |
| **Endosulfan I** | 4,96 | 6,10 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,27 |
| **Endosulfan II** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 10,6 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 6,56 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,42 |
| **Metoxicloro** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,32 |
| **Oxiclordana** | n.d. | n.d. | 8,37 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,44 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,47 |
| **α-clordano** | n.d. | n.d. | 5,42 | 5,85 | 18,2 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 12,7 | n.d. | n.d. | 3,50 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,45 |
| **γ-clordano** | n.d. | 9,1 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,34 |
| **Heptacloro** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,22 |
| **Heptacloro epóxide A** | n.d. | n.d. | 12,4 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,42 |
| **Heptacloro Epóxide B** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| ***o, p'*- DDD** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,20 |
| ***p, p'*- DDE** | 19,7 | 125 | 179 | 95,5 | 255 | n.d. | 57,3 | 23,2 | 12,6 | 136 | 48,0 | 54,1 | 58,6 | 50,9 | 31,6 | 25,5 | 5,04 | 0,27 |
| ***o, p'*- DDT** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 6,18 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,31 |
| ***p, p'*- DDD** | n.d. | n.d. | 3,0 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,20 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,29 |
| ***o, p'*- DDE** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,19 |
| ***p, p'*- DDT** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,28 |
| **HCB** | n.d. | n.d. | 28,7 | n.d. | 19,2 | n.d. | 4,10 | 4,88 | 2,22 | 50,7 | 25,4 | 30,2 | 19,6 | 27,8 | 32,3 | 7,18 | n.d. | 0,30 |
| **Mirex** | n.d. | n.d. | 28,7 | 13,0 | 28,7 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 13,5 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **α-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | 3,80 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,31 |
| **δ-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,20 | n.d. | 6,01 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **γ-HCH** | 9,55 | 12,1 | 5,63 | n.d. | 4,88 | 2,89 | 6,44 | 3,99 | n.d. | 6,94 | 17,4 | 3,37 | n.d. | 13,9 | 9,18 | 2,93 | 14,4 | 0,36 |
| **β-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **∑ HCHs** | **9,55** | **12,1** | **5,63** | **5,00** | **4,88** | **8,90** | **6,44** | **3,99** | **n.d.** | **6,94** | **17,4** | **3,37** | **n.d.** | **13,9** | **9,18** | **2,93** | **14,4** | |
| **∑ DDTs** | **19,7** | **125** | **182** | **95,5** | **255** | **0,0** | **57,3** | **23,2** | **12,6** | **146** | **48,0** | **54,1** | **58,6** | **50,9** | **31,6** | **25,5** | **5,04** | |
| **∑ Clordanas** | **n.d.** | **9,13** | **26,2** | **5,85** | **18,2** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **17,1** | **n.d.** | **n.d.** | **3,50** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | |
| **∑ Cliclodienos** | **n.d.** | **n.d.** | **17,6** | **2,40** | **13,0** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **14,0** | **4,52** | **5,35** | **4,61** | **3,23** | **2,68** | **n.d.** | **n.d.** | |
| **∑ Endosulfan** | **4,96** | **6,10** | **n.d.** | **n.d.** | **10,6** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **6,56** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | |

* Florianópolis/SC – 2011; ** Imbé/RS - 2010, ***Guarujá/SP - 2011.

# APÊNDICE 13

Concentração de pesticidas organoclorados (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | 1288* | 1241* | 1284* | CHILE 1** | CHILE 2*** | CHILE 3*** | CHILE 4*** | 3**** | 22**** | 24**** | 25**** | 26**** | 27**** | 30**** | 31**** | 37**** | 48**** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Aldrin** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,00 | 1,27 | n.d. | 2,44 | 6,05 | n.d. | 3,63 | 1,71 | n.d. | 2,99 | 0,22 |
| **Dieldrin** | 4,26 | 3,82 | 3,66 | n.d. | 6,20 | n.d. | 2,24 | 18,2 | 8,64 | 18,6 | 11,7 | 45,3 | 31,6 | 25,8 | n.d. | 25,5 | 16,7 | 0,23 |
| **Endrin** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,77 | 4,80 | 4,56 | n.d. | 4,49 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,28 |
| **Isodrin** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 9,50 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,33 |
| **Endosulfan I** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,00 | 4,48 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,27 |
| **Endosulfan II** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,42 |
| **Metoxicloro** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 27,1 | 30,0 | 35,4 | n.d. | 108 | n.d. | n.d. | 6,0 | 5,8 | 2,60 | 0,32 |
| **Oxiclordana** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,61 | n.d. | n.d. | n.d. | 4,32 | 6,60 | n.d. | n.d. | n.d. | 4,67 | n.d. | 0,47 |
| **α-clordano** | 5,98 | 5,44 | 4,74 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,58 | 4,32 | n.d. | n.d. | 4,19 | 4,47 | 5,93 | n.d. | 3,57 | 3,92 | 0,45 |
| **γ-clordano** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 8,03 | n.d. | n.d. | n.d. | 43,4 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,34 |
| **Heptacloro** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 5,48 | 7,90 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,22 |
| **Heptacloro epóxide A** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,42 |
| **Heptacloro Epóxide B** | n.d. | n.d. | 43,7 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 6,74 | n.d. | n.d. | 74,5 | 73,5 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| ***o, p'*- DDD** | n.d. | n.d. | 19,7 | 6,03 | n.d. | n.d. | 5,0 | 9,04 | 2,62 | 5,21 | n.d. | 196 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,20 |
| ***p, p'*- DDE** | 115 | 125 | 30,6 | n.d. | 99,7 | 2,32 | 67,9 | 4,35 | 27,2 | 2,64 | 8,32 | 331 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,27 |
| ***o, p'*- DDT** | n.d. | 4,30 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 6,15 | n.d. | 0,31 |
| ***p, p'*- DDD** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,9 | n.d. | n.d. | n.d. | 4,18 | 76,8 | n.d. | n.d. | 2,84 | n.d. | n.d. | 0,29 |
| ***o, p'*- DDE** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 29,5 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,19 |
| ***p, p'*- DDT** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 28,3 | 54,2 | 72,0 | n.d. | 405 | n.d. | n.d. | n.d. | 12,84 | 8,51 | 0,28 |
| **HCB** | 19,7 | 18,9 | 7,59 | n.d. | 10,5 | 2,05 | 2,64 | 21,8 | 10,8 | 7,98 | 4,10 | 7,72 | 28,0 | 26,6 | 6,40 | 12,3 | 9,35 | 0,30 |
| **Mirex** | 8,57 | 11,9 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 59,1 | 18,5 | 28,9 | 81,11 | 115 | 10,5 | 45,5 | 29,8 | 103 | 30,4 | 0,41 |
| **α-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,31 |
| **δ-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,0 | n.d. | 15,5 | 10,3 | 11,7 | 14,1 | 15,8 | 7,56 | 6,98 | 11,0 | 10,7 | 14,5 | 0,41 |
| **γ-HCH** | n.d. | n.d. | 19,8 | 18,5 | 16,6 | 12,8 | 8,47 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,36 |
| **β-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 7,95 | 10,7 | 11,71 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **∑ HCHs** | **n.d.** | **n.d.** | **19,8** | **18,5** | **16,6** | **16,7** | **8,47** | **23,4** | **21,0** | **23,4** | **14,1** | **15,77** | **7,56** | **6,98** | **11,0** | **10,7** | **14,5** | |
| **∑ DDTs** | **115** | **129** | **50,4** | **6,03** | **99,7** | **2,32** | **76,8** | **41,7** | **84,1** | **79,8** | **12,5** | **1039** | **n.d.** | **n.d.** | **2,84** | **19,0** | **8,51** | |
| **∑ Clordanas** | **5,98** | **5,44** | **48,5** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **4,61** | **45,4** | **34,3** | **35,4** | **84,3** | **244** | **4,47** | **5,93** | **6,04** | **14,0** | **6,52** | |
| **∑ Cliclodienos** | **4,26** | **3,82** | **3,66** | **n.d.** | **6,20** | **n.d.** | **2,24** | **35,5** | **14,7** | **23,1** | **14,2** | **55,9** | **31,6** | **29,4** | **1,71** | **25,5** | **19,7** | |
| **∑ Endosulfan** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **4,00** | **4,48** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | |

* Ubatuba/SP – 2011;**Chile/ Punta Arenas 2011, ***Chile/Concepcion 2011,**** Uruguai – 2011.

# APÊNDICE 14

Concentração de pesticidas organoclorados (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | CSC 181* | CSC 187* | CSC 188* | CSC 115* | f 1241* | 2355** | 2315** | 2214** | 2281** | 2306** | 2620*** | 2679*** | AM 356*** | AM 457*** | AM 361*** | AM 470*** | AM 486*** | AM 570*** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Aldrin** | n.d. | n.d. | n.d. | 4,21 | 1,11 | 0,60 | 0,25 | 12,12 | 1,92 | 3,63 | 4,58 | 4,36 | 5,04 | 7,17 | 8,94 | 17,42 | 6,04 | 2,63 | 0,22 |
| **Dieldrin** | 5,87 | n.d. | n.d. | 78,4 | 62,8 | 7,01 | 96,3 | 41,1 | 105 | 22,3 | 16,0 | 566 | 170 | 62,2 | 10,5 | 1111 | 7,81 | 14,0 | 0,23 |
| **Endrin** | n.d. | n.d. | n.d. | 5,49 | 2,27 | 1,72 | 3,75 | 2,35 | 1,42 | 0,00 | 1,34 | 17,9 | 1,87 | 79,6 | 54,9 | 28,3 | 0,67 | 0,00 | 0,28 |
| **Isodrin** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,95 | 0,73 | 0,96 | 0,91 | 30,8 | 1,94 | 0,39 | 2,11 | 2,78 | 2,77 | 2,13 | 2,03 | 9,50 | n.d. | n.d. | 0,33 |
| **Endosulfan I** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,18 | 1,23 | n.d. | 0,39 | 2,42 | 0,27 |
| **Endosulfan II** | n.d. | n.d. | n.d. | 4,71 | 2,50 | 0,85 | 2,77 | 3,25 | n.d. | 4,06 | 4,59 | 12,1 | 6,72 | 6,44 | 3,46 | 36,18 | 5,32 | 4,06 | 0,42 |
| **Metoxicloro** | n.d. | n.d. | 4,4 | 13,6 | 12,2 | 2,83 | 14,3 | 7,94 | 17,8 | 7,48 | 2,84 | 82,6 | 29,1 | 10,7 | 1,90 | 82,6 | 1,71 | 2,68 | 0,32 |
| **Oxiclordana** | n.d. | n.d. | 6,13 | 9,70 | 7,43 | 0,72 | 5,07 | 8,75 | 2,82 | n.d. | 1,98 | 25,5 | 12,2 | 6,44 | 6,00 | 27,8 | 2,58 | 3,74 | 0,47 |
| **α-clordano** | 4,84 | n.d. | 10,4 | 13,7 | 6,09 | 0,42 | 5,00 | 2,21 | 5,89 | 1,05 | 3,41 | 23,3 | 4,38 | 19,7 | 3,33 | 38,7 | 2,25 | 6,93 | 0,45 |
| **γ-clordano** | n.d. | n.d. | 2,37 | 2,09 | 1,13 | 0,96 | 2,31 | 1,84 | 1,95 | 0,57 | 1,93 | 3,68 | 1,81 | 1,17 | 1,51 | 24,8 | 1,64 | 1,36 | 0,34 |
| **Heptacloro** | n.d. | n.d. | 14,4 | 7,52 | 4,74 | 1,71 | 4,74 | 22,0 | 7,85 | 2,36 | 6,06 | 1,46 | 3,65 | 3,79 | 6,84 | 7,49 | 4,47 | 1,06 | 0,22 |
| **Heptacloro epóxide A** | n.d. | n.d. | 6,59 | 9,44 | 6,38 | 0,31 | 3,28 | 8,01 | 3,04 | n.d. | 2,29 | 18,36 | 7,38 | 7,33 | 4,51 | 23,7 | 2,39 | 3,74 | 0,42 |
| **Heptacloro Epóxide B** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,39 | 1,06 | 1,34 | 2,56 | 7,30 | 3,15 | 0,68 | 2,31 | 7,56 | 3,22 | 74,2 | 24,8 | 13,5 | 2,72 | 1,27 | 0,41 |
| ***o, p'*- DDD** | 2,61 | n.d. | n.d. | 2,86 | 1,34 | 0,57 | 0,55 | 2,14 | 1,97 | n.d. | 2,65 | 7,61 | n.d. | 162 | 1,87 | 7,84 | 1,31 | 3,17 | 0,20 |
| ***p, p'*- DDE** | n.d. | n.d. | n.d. | 2,99 | 1,42 | n.d. | 3,52 | 1,32 | n.d. | n.d. | 0,00 | 6,04 | n.d. | 5,21 | 218 | 78,3 | n.d. | 0,00 | 0,27 |
| ***o, p'*- DDT** | 10,41 | n.d. | n.d. | 3,70 | 0,33 | 0,54 | n.d. | 2,79 | 11,91 | 0,75 | 0,53 | 4,99 | 0,84 | 0,96 | 1,29 | 3,97 | n.d. | 0,69 | 0,31 |
| ***p, p'*- DDD** | n.d. | n.d. | n.d. | 4,24 | n.d. | 0,68 | 4,16 | n.d. | 9,35 | n.d. | n.d. | 18,8 | 5,28 | 3,40 | 0,77 | 14,3 | 2,13 | n.d. | 0,29 |
| ***o, p'*- DDE** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,96 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,82 | 2,38 | 0,00 | 3,59 | 31,99 | 0,31 | 8,10 | 0,25 | 2,26 | 0,19 |
| ***p, p'*- DDT** | 35,18 | n.d. | n.d. | 18,4 | 33,4 | 8,15 | n.d. | 5,22 | 15,9 | 24,1 | 17,6 | 163 | 4,60 | 237 | 1,59 | 295 | 25,7 | 6,25 | 0,28 |
| **HCB** | 11,7 | n.d. | 44,8 | 78,7 | 37,9 | 0,90 | 22,5 | 6,10 | 27,3 | 0,86 | 7,31 | 61,0 | 8,25 | 40,3 | 2,85 | 134 | 3,96 | 3,03 | 0,30 |
| **Mirex** | 47,8 | n.d. | 38,0 | 15,9 | 27,4 | 15,5 | 27,0 | 125 | 33,7 | 34,1 | 77,0 | 42,0 | 105 | 130 | 120 | 225 | 74,8 | 66,3 | 0,41 |
| **α-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,53 | n.d. | 0,16 | n.d. | 0,68 | 0,61 | n.d. | 0,42 | 1,24 | 0,00 | 2,73 | 0,75 | 0,56 | 0,31 |
| **δ-HCH** | 10,6 | n.d. | 12,3 | 10,3 | 7,47 | 11,0 | 8,65 | 5,87 | 6,89 | 10,8 | 15,5 | 18,0 | 22,7 | 40,9 | 44,3 | 53,5 | 37,3 | 17,5 | 0,41 |
| **γ-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,19 | 0,11 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,20 | n.d. | 0,36 |
| **β-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | 4,37 | 0,59 | n.d. | 1,41 | 16,7 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,95 | 0,64 | 1,00 | n.d. | 7,71 | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **∑ HCHs** | **10,6** | **n.d.** | **12,3** | **14,6** | **8,07** | **11,5** | **10,1** | **22,7** | **6,89** | **11,7** | **16,2** | **18,9** | **23,7** | **43,2** | **44,3** | **64,0** | **38,2** | **18,1** | |
| **∑ DDTs** | **48,2** | **n.d.** | **n.d.** | **32,2** | **36,5** | **11,9** | **8,23** | **11,5** | **39,1** | **26,7** | **23,1** | **201** | **14,3** | **441** | **223,7** | **408** | **29,4** | **12,4** | |
| **∑ Clordanas** | **4,84** | **n.d.** | **44,3** | **57,4** | **39,0** | **8,30** | **37,3** | **58,1** | **42,5** | **12,1** | **20,8** | **162** | **61,7** | **123** | **48,9** | **219** | **17,8** | **20,8** | |
| **∑ Cliclodienos** | **5,87** | **n.d.** | **n.d.** | **90,1** | **66,9** | **10,3** | **101** | **86,3** | **111** | **26,3** | **24,0** | **591** | **180** | **151** | **76,4** | **1166** | **14,5** | **16,6** | |
| **∑ Endosulfan** | **n.d.** | **n.d.** | **n.d.** | **4,71** | **2,50** | **0,85** | **2,77** | **3,25** | **n.d.** | **4,06** | **4,59** | **12,10** | **6,72** | **7,63** | **4,68** | **36,2** | **5,71** | **6,48** | |

* Florianópolis/SC – 2012; ** Imbé/RS - 2010, *** Imbé/RS – 2011.

# APÊNDICE 15

Concentração de pesticidas organoclorados (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Aldrin** | 0,83 | n.d. | 1,18 | 2,18 | 1,21 | 1,22 | 1,70 | 3,27 | 0,60 | 0,55 | 0,22 |
| **Dieldrin** | 216 | 54,8 | 11,6 | 56,7 | 32,4 | 56,9 | 57,4 | 32,0 | 79,4 | 19,6 | 0,23 |
| **Endrin** | 40,4 | 43,3 | 1,82 | 6,88 | n.d. | 0,21 | n.d. | 3,27 | 5,13 | 3,09 | 0,28 |
| **Isodrin** | n.d. | 16,2 | 0,93 | n.d. | 5,17 | 26,5 | 15,4 | n.d. | 2,27 | n.d. | 0,33 |
| **Endosulfan I** | n.d. | 1,52 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,98 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,27 |
| **Endosulfan II** | 22,3 | 45,5 | 2,20 | 5,55 | 1,21 | 1,31 | 1,51 | 4,58 | 5,32 | 1,87 | 0,42 |
| **Metoxicloro** | 4,90 | 12,7 | 2,01 | 8,879 | 5,93 | 8,42 | 7,22 | 5,68 | 11,5 | 5,79 | 0,32 |
| **Oxiclordana** | 18,3 | 13,59 | 2,09 | 5,48 | 4,68 | 4,78 | 6,41 | 4,59 | 6,57 | 5,23 | 0,47 |
| **α-clordano** | 54,7 | 35,7 | 3,64 | 9,86 | 7,70 | 3,79 | 3,71 | 10,8 | 11,69 | 3,25 | 0,45 |
| **γ-clordano** | 0,00 | 1,22 | 0,57 | 1,65 | 0,81 | 0,25 | 1,32 | 1,80 | 0,74 | 0,93 | 0,34 |
| **Heptacloro** | 6,00 | 30,9 | 1,00 | 1,13 | 2,11 | 2,23 | 3,26 | 1,84 | 1,58 | 1,09 | 0,22 |
| **Heptacloro epóxide A** | 19,1 | 11,9 | 2,54 | 6,44 | 5,67 | 2,91 | 4,69 | 6,38 | 7,01 | 4,51 | 0,42 |
| **Heptacloro Epóxide B** | 3,06 | 178 | 0,31 | 1,50 | 87,1 | 89,9 | 158 | 7,48 | 4,61 | 1,40 | 0,41 |
| ***o, p'*- DDD** | 10,5 | 53,4 | 2,74 | 3,05 | n.d. | 1,09 | 9,70 | n.d. | 3,07 | 5,88 | 0,20 |
| ***p, p'*- DDE** | n.d. | 5,21 | 1,02 | n.d. | 7,28 | 6,45 | n.d. | n.d. | 1,23 | n.d. | 0,27 |
| ***o, p'*- DDT** | n.d. | 6,89 | 3,09 | 0,55 | 2,29 | 1,13 | 1,27 | 2,01 | 6,24 | 2,50 | 0,31 |
| ***p, p'*- DDD** | 7,20 | 40,0 | 0,67 | 2,65 | 1,80 | 1,46 | 2,20 | 1,10 | 6,20 | n.d. | 0,29 |
| ***o, p'*- DDE** | 2,82 | 4,84 | 1,50 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,23 | 0,19 |
| ***p, p'*- DDT** | n.d. | 124 | 15,5 | n.d. | n.d. | 6,32 | 181 | n.d. | n.d. | 13,9 | 0,28 |
| **HCB** | 259 | 419 | 22,3 | 257 | 17,6 | 30,5 | 7,99 | 43,4 | 30,9 | 33,1 | 0,30 |
| **Mirex** | 20,1 | 46,3 | 15,2 | 20,4 | 62,4 | 56,5 | 116 | 59,5 | 17,7 | 67,0 | 0,41 |
| **α-HCH** | n.d. | 28,1 | 0,33 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,00 | 0,67 | 0,31 |
| **δ-HCH** | 5,21 | 23,0 | 9,95 | 8,79 | 18,6 | 12,5 | 11,2 | 14,8 | 8,39 | 6,23 | 0,41 |
| **γ-HCH** | 59,5 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,36 |
| **β-HCH** | 11,4 | n.d. | 0,97 | 1,82 | n.d. | n.d. | 2,87 | n.d. | 5,87 | 1,12 | 0,43 |
| **∑ HCHs** | **76,1** | **51,1** | **11,3** | **10,6** | **18,6** | **12,5** | **14,1** | **14,8** | **14,3** | **8,02** | |
| **∑ DDTs** | **20,6** | **235** | **24,6** | **6,25** | **11,4** | **16,5** | **194** | **3,11** | **16,7** | **25,5** | |
| **∑ Clordanas** | **106** | **284** | **12,2** | **34,9** | **114** | **112** | **185** | **38,6** | **43,7** | **22,2** | |
| **∑ Cliclodienos** | **257** | **114** | **15,5** | **65,8** | **38,8** | **84,8** | **74,5** | **38,6** | **87,4** | **23,2** | |
| **∑ Endosulfan** | **22,3** | **47,0** | **2,20** | **5,55** | **1,21** | **2,28** | **1,51** | **4,58** | **5,32** | **1,87** | |

* Ubatuba/SP – 2012.

# APÊNDICE 16

Concentração de PBDEs (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | AVE 261 | AVE 302 | AVE 339 | AVE 387 | AVE 391 | AVE 411 | AVE 416 | AVE 418 | AVE 422 | AVE 434 | AVE 441 | AVE 454 | AVE 500 | AVE 342 | AVE 360 | AVE 440 | AVE 465 | AVE 491 | AVE 515 | AVE 521 | AVE 548 | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PBDE 28** | 1,48 | 0,96 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,86 |
| **PBDE 47** | 2,40 | 2,8 | 2,28 | 2,92 | 8,72 | 3,56 | 2,96 | 2,8 | 1,24 | 11,2 | 4,56 | n.d. | 2,32 | n.d. | 1,48 | n.d. | 3,16 | 6,04 | n.d. | 1,60 | 6,00 | 0,82 |
| **PBDE 100** | 1,92 | 2,2 | n.d. | 3,48 | 5,12 | 3,44 | 4,36 | 5,68 | 2,6 | 4,36 | 3,8 | n.d. | 1,56 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,96 | n.d. | 1,48 | 3,96 | 0,81 |
| **PBDE 99** | n.d. | 2,44 | n.d. | n.d. | 2,36 | n.d. | 4,12 | 3,2 | 5,04 | 5,2 | 2,08 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,8 | n.d. | n.d. | 7,16 | 0,76 |
| **PBDE 154** | n.d. | n.d. | 3,04 | 2,88 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,32 | 3,04 | 1,96 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,80 |
| **PBDE 153** | 5,12 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,88 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,85 |
| **PBDE 183** | n.d. | n.d. | 5,76 | 5,88 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,06 |

Ubatuba/SP - 2008.

| Compostos | AVE 555* | AVE 1055** | AVE 1063** | AVE 1066** | AVE 1070** | AVE 1078** | AVE 1091** | AVE 1093** | AVE 1099** | AVE 1111** | AVE 1112** | AVE 1118** | AM 217*** | AM 228*** | AM 229*** | 2273 *** | 2276 *** | 2314 *** | 2214 *** | 2281 *** | 2306 *** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PBDE 28** | n.d. | 1,76 | 0,92 | n.d. | 1,32 | 6,12 | n.d. | 4,28 | 1,56 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,86 |
| **PBDE 47** | 3,60 | n.d. | 2,88 | 2,88 | 2,84 | n.d. | 1,68 | 8,12 | n.d. | 3,36 | n.d. | 1,6 | 1,8 | n.d. | 2,12 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,82 |
| **PBDE 100** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,56 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,84 | 1,48 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,81 |
| **PBDE 99** | 1,88 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,72 | 3,72 | n.d. | n.d. | n.d. | 3,36 | 2,20 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,76 |
| **PBDE 154** | n.d. | n.d. | 11,2 | 11,2 | 4,44 | n.d. | n.d. | 4,20 | 7,20 | 8,96 | 1,72 | n.d. | 2,40 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,80 |
| **PBDE 153** | n.d. | n.d. | 7,00 | 7,00 | n.d. | 1,56 | 6,88 | n.d. | 11,96 | 2,16 | 1,36 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,85 |
| **PBDE 183** | n.d. | n.d. | 7,60 | 7,60 | 5,56 | 4,64 | 11,8 | 25,1 | 24,08 | 6,64 | 7,04 | 3,64 | 2,28 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 7,91 | n.d. | 1,06 |

*Ubatuba/SP – 2008, ** Ubatuba/SP – 2010, ***Imbé/RS – 2010.

# APÊNDICE 17

Concentração de PBDEs (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | 2315* | 2317* | 2355* | 2620** | 2679** | 356** | 361** | 457 *** | 470 *** | 486 *** | 490 *** | 570 *** | 1288 **** | 1284 **** | 1241 **** | PING 1# | PING 2# | PING 3# | PING 4# | PING 6# | PING 7# | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PBDE 28** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,42 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,86 |
| **PBDE 47** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,92 | n.d. | n.d. | n.d. | 2,06 | n.d. | 2,16 | n.d. | n.d. | 1,8 | 1,32 | n.d. | 1,89 | 0,82 |
| **PBDE 100** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,92 | n.d. | n.d. | 0,82 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,11 | 1,77 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,18 | 1,47 | 0,81 |
| **PBDE 99** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,77 | n.d. | 1,17 | 6,72 | 1,39 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,76 |
| **PBDE 154** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,04 | 1,53 | n.d. | 2,79 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,37 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,80 |
| **PBDE 153** | 2,45 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,17 | n.d. | 5,81 | n.d. | n.d. | 1,22 | n.d. | 3,95 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,03 | n.d. | n.d. | 0,85 |
| **PBDE 183** | 6,68 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,24 | n.d. | 14,23 | n.d. | n.d. | 10,92 | n.d. | 18,35 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,46 | n.d. | n.d. | 1,06 |

* Imbé/RS – 2010, **Imbé/RS – 2011, *** Imbé/RS – 2012, ****Ubatuba/SP – 2011, #Guarujá/SP – 2011.

| Compostos | PING 8* | PING 9* | PING 10* | PING 11* | SC 78** | SC 79** | 115*** | 181*** | 182*** | 187*** | 188*** | 1241*** | 1**** | 2**** | 3**** | 4**** | 5**** | 6**** | 7**** | 8**** | 9**** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PBDE 28** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0.86 |
| **PBDE 47** | n.d. | 1,51 | n.d. | 1,00 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0.82 |
| **PBDE 100** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0.81 |
| **PBDE 99** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0.76 |
| **PBDE 154** | n.d. | 1,65 | n.d. | n.d. | 2,24 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0.80 |
| **PBDE 153** | n.d. | n.d. | 3,14 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,03 | n.d. | 0,87 | n.d. | n.d. | 2,26 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0.85 |
| **PBDE 183** | n.d. | n.d. | n.d. | 2,16 | n.d. | n.d. | n.d. | 5,61 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,96 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1.06 |

*Guarujá/SP – 2011, **Florianópolis/SC – 2011, *** Florianópolis/SC – 2012, **** Ubatuba/SP – 2012.

# APÊNDICE 18

Concentração de PBDEs (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | 10* | 11* | 22** | 24** | 25** | 26** | 30** | 31** | 37** | 48** | 3** | 22** | 24** | 25** | 26** | CHILE 1*** | CHILE 2**** | CHILE 3**** | CHILE 4**** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PBDE 28** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,11 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,86 |
| **PBDE 47** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,53 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,52 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,57 | n.d. | 1,30 | 0,82 |
| **PBDE 100** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 5,20 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 5,08 | n.d. | 0,86 | 0,81 |
| **PBDE 99** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 8,72 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,15 | 0,76 |
| **PBDE 154** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,04 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,48 | n.d. | n.d. | n.d. | 5,79 | 0,82 | n.d. | 4,52 | 0,80 |
| **PBDE 153** | n.d. | 1,84 | 1,01 | n.d. | n.d. | 15,35 | n.d. | n.d. | 2,43 | n.d. | 18,01 | n.d. | n.d. | n.d. | 2,24 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,85 |
| **PBDE 183** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 4,17 | 17,2 | 2,23 | n.d. | 4,01 | n.d. | 109,6 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,48 | 1,06 |

*Ubatuba/SP – 2012, **Uruguai -2011, *** Chile/ Punta Arenas – 2011, **** Chile/Concepcion – 2011.

# APÊNDICE 19

Concentração de pesticidas organoclorados (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas na glândula uropigiana de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| Compostos | 1284* | 1241* | 1288* | 1G** | 2G** | 3G** | 4G** | 5G** | 6G** | 7G** | 8G** | 9G** | 10G** | 11G** | LDM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Aldrin** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,01 | 1,10 | 0,86 | 0,54 | 0,73 | n.d. | n.d. | 18,5 | 1,84 | 0,37 | 0,43 | 0,22 |
| **Dieldrin** | 5,89 | 15,0 | 28,4 | 56,1 | 20,5 | 27,8 | n.d. | n.d. | 31,0 | 56,1 | 28,8 | 31,4 | 32,0 | 34,8 | 0,23 |
| **Endrin** | 4,59 | 9,61 | 25,0 | 12,6 | 4,23 | n.d. | n.d. | 5,85 | 6,43 | 13,2 | 8,42 | 128 | 7,30 | 5,98 | 0,28 |
| **Isodrin** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 11,2 | 0,78 | n.d. | n.d. | 15,7 | 31,8 | 0,60 | n.d. | 0,33 |
| **Endosulfan I** | 5,01 | 7,76 | 28,4 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,27 |
| **Endosulfan II** | n.d. | n.d. | n.d. | 35,6 | 14,0 | n.d. | n.d. | 19,8 | 26,1 | 59,5 | 17,1 | 19,4 | 31,2 | 43,2 | 0,42 |
| **Metoxicloro** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 17,4 | 51,0 | 31,6 | 16,3 | 74,6 | 25,6 | 104 | n.d. | 45,0 | n.d. | 0,32 |
| **Oxiclordana** | 2,68 | 4,49 | 12,2 | 15,7 | 10,5 | 7,62 | 8,81 | n.d. | n.d. | 20,1 | 9,48 | 8,53 | 12,4 | 10,7 | 0,47 |
| **α-clordano** | 5,73 | 9,50 | 25,1 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 62,6 | n.d. | n.d. | 0,45 |
| **γ-clordano** | n.d. | n.d. | n.d. | 5,69 | 3,42 | 4,02 | n.d. | n.d. | n.d. | 4,25 | 23,5 | 2,45 | n.d. | 3,21 | 0,34 |
| **Heptacloro** | 0,47 | 0,32 | 0,31 | 6,42 | 5,85 | 2,08 | 3,24 | 2,02 | 1,63 | 1,76 | 3,33 | 2,10 | 1,36 | 1,18 | 0,22 |
| **Heptacloro epóxide A** | 2,02 | 4,49 | 12,7 | 17,3 | 7,07 | 9,74 | 10,8 | 22,7 | n.d. | n.d. | 10,00 | 10,1 | 14,3 | 15,3 | 0,42 |
| **Heptacloro Epóxide B** | 0,33 | 0,59 | 0,59 | 5,83 | 4,62 | 1,55 | 14,7 | n.d. | n.d. | 5,21 | 61,8 | 66,4 | 5,39 | 2,59 | 0,41 |
| ***o, p'*- DDD** | n.d. | n.d. | 2,14 | 3,47 | 4,82 | 4,52 | n.d. | n.d. | 54,3 | 3,30 | 3,89 | 2,41 | 1,62 | 1,10 | 0,20 |
| ***p, p'*- DDE** | 69,9 | 210 | 428 | 214 | 253 | 90,3 | n.d. | n.d. | 97,6 | 205 | 111 | 173 | 173 | 63,8 | 0,27 |
| ***o, p'*- DDT** | n.d. | n.d. | 6,08 | n.d. | n.d. | 5,83 | 6,79 | n.d. | 3,45 | 9,70 | 1,80 | 5,86 | 3,53 | n.d. | 0,31 |
| ***p, p'*- DDD** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 14,03 | 20,0 | 8,29 | 10,2 | 9,37 | 25,2 | 6,19 | 11,1 | 12,6 | n.d. | 0,29 |
| ***o, p'*- DDE** | 1,84 | 3,63 | 8,85 | 2,39 | 2,40 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,00 | 2,24 | 2,01 | 1,58 | 1,11 | 0,54 | 0,19 |
| ***p, p'*- DDT** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 3,58 | 9,09 | 2,87 | 3,91 | 4,20 | 10,4 | 4,67 | n.d. | 4,35 | n.d. | 0,28 |
| **HCB** | 33,4 | 77,8 | 123 | 258 | 57,4 | 204 | 157 | 249 | 90,6 | 104 | 161 | 379 | 130 | 283 | 0,30 |
| **Mirex** | n.d. | n.d. | 2,77 | 3,05 | 2,11 | 4,36 | 5,64 | 2,99 | 1,78 | 3,49 | 2,92 | 3,96 | 2,41 | n.d. | 0,41 |
| **α-HCH** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,34 | 0,84 | 0,40 | n.d. | n.d. | 3,28 | 0,53 | 0,60 | 0,13 | n.d. | 0,31 |
| **δ-HCH** | n.d. | 0,52 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **γ-HCH** | 4,14 | 5,23 | 7,59 | 5,90 | 11,98 | 6,72 | 7,74 | 6,27 | 7,14 | 9,04 | 7,42 | 10,6 | 6,33 | 5,73 | 0,36 |
| **β-HCH** | 3,03 | 6,66 | 5,04 | 11,8 | 3,65 | 12,3 | 6,53 | 12,4 | 6,94 | 6,15 | 10,7 | 17,0 | 9,26 | 16,6 | 0,43 |
| **∑ HCHs** | **7,17** | **12,4** | **12,6** | **17,7** | **16,0** | **19,9** | **14,7** | **18,7** | **14,1** | **18,5** | **18,6** | **28,2** | **15,7** | **22** | |
| **∑ DDTs** | **71,78** | **214** | **445** | **220** | **278** | **130** | **17,94** | **14,11** | **170** | **256** | **130** | **194** | **197** | **65,4** | |
| **∑ Clordanas** | **11,2** | **19,4** | **50,8** | **51,0** | **48,8** | **76,0** | **69,2** | **41,1** | **76,3** | **56,9** | **212** | **152** | **78,4** | **33,0** | |
| **∑ Cliclodienos** | **10,5** | **24,6** | **53,4** | **69,6** | **25,8** | **28,7** | **11,7** | **7,36** | **37,5** | **69,3** | **71,3** | **193** | **40,3** | **41,2** | |
| **∑ Endosulfan** | **5,01** | **7,76** | **28,4** | **35,6** | **14,0** | **n.d.** | **n.d.** | **19,8** | **26,1** | **59,5** | **17,1** | **19,4** | **31,2** | **43,2** | |

* Ubatuba/SP – 2011, ** Ubatuba/SP – 2012.

# APÊNDICE 20

Concentração de PBDEs (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas na glândula uropigiana de Spheniscus magellanicus. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

| **Compostos** | 1288* | 1241* | 1284* | 1G** | 2G** | 3G** | 4G** | 5G** | 6G** | 7G** | 8G** | 9G** | 10G** | 11G** | **LDM** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PBDE 28** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0.86 |
| **PBDE 47** | 3,59 | 4,82 | 1,46 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,76 | n.d. | n.d. | 0.82 |
| **PBDE 100** | 1,73 | 1,17 | 13,9 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0.81 |
| **PBDE 99** | n.d. | 1,81 | 21,0 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 2,79 | n.d. | n.d. | 0.76 |
| **PBDE 154** | n.d. | 1,04 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,28 | n.d. | n.d. | 0.80 |
| **PBDE 153** | 2,74 | n.d. | 1,01 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,28 | n.d. | n.d. | n.d. | 10,1 | n.d. | n.d. | 0.85 |
| **PBDE 183** | n.d. | 2,95 | 4,13 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 49,7 | n.d. | n.d. | 1.06 |

* Ubatuba/SP – 2011, ** Ubatuba/SP – 2012.

# APÊNDICE 21

Concentração de PCBs (ng $g^{-1}$ peso úmido) encontradas na glândula uropigiana de *Spheniscus magellanicus*. Os valores abaixo do limite de detecção (LDM) estão indicados como “n.d.”.

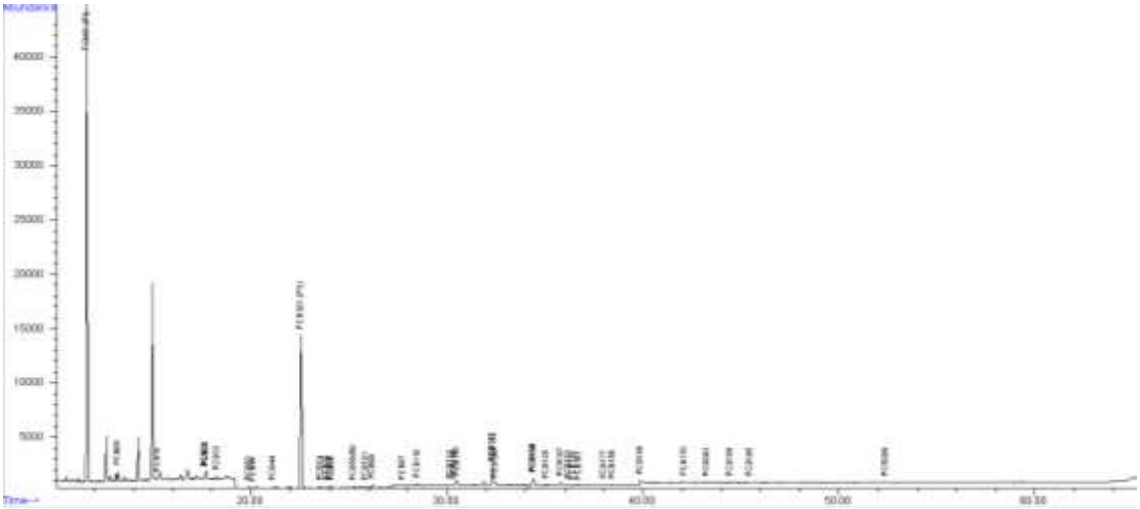
| **Compostos** | 1288* | 1241* | 1284* | 1G** | 2G** | 3G** | 4G** | 6G** | 7G** | 8G** | 9G** | 10G** | 11G** | **LDM** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **PCB 8** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,77 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,97 | 0,69 | n.d. | 4,05 | n.d. | 2,35 | 0,38 |
| **PCB 18** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,64 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,48 | n.d. | 2,53 | n.d. | 1,47 | 0,43 |
| **PCB 31** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,49 | 0,51 | n.d. | n.d. | n.d. | 1,29 | 1,59 | 4,10 | n.d. | 1,70 | 0,48 |
| **PCB 28** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,95 | 0,61 | n.d. | n.d. | 1,02 | 1,25 | 1,24 | 4,38 | 0,57 | 2,83 | 0,49 |
| **PCB 33** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,72 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,57 | n.d. | 2,33 | n.d. | 1,23 | 0,41 |
| **PCB 52** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,95 | 1,18 | n.d. | n.d. | 0,65 | 0,73 | 1,34 | 2,93 | n.d. | 1,98 | 0,54 |
| **PCB 49** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,04 | n.d. | 0,55 | 0,48 |
| **PCB 44** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,79 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,77 | 1,64 | n.d. | 0,86 | 0,58 |
| **PCB 74** | n.d. | n.d. | 0,66 | 1,05 | 1,38 | 0,65 | 0,62 | 0,78 | 0,92 | 1,21 | 1,49 | 0,8 | 0,71 | 0,49 |
| **PCB 70** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,77 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,02 | n.d. | n.d. | 0,52 |
| **PCB 66** | n.d. | 0,62 | 0,84 | 2,27 | 2,43 | n.d. | 1,01 | 0,87 | 1,39 | 2,27 | 2,85 | 1,04 | 0,98 | 0,57 |
| **PCB 95** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,55 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,26 | n.d. | n.d. | 0,54 |
| **PCB 56/60** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,55 | 0,51 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,51 | 0,90 | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **PCB 101** | n.d. | n.d. | n.d. | 0,79 | 2,00 | 0,35 | n.d. | 0,37 | 0,73 | 0,67 | 1,10 | n.d. | 0,36 | 0,30 |
| **PCB 99** | 14,7 | 5,15 | 3,32 | 5,93 | 9,37 | 2,22 | 3,6 | 3,58 | 4,62 | 6,60 | 4,46 | 4,44 | 1,42 | 0,58 |
| **PCB 97** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,62 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,46 |
| **PCB 81** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,52 |
| **PCB 87** | 0,67 | n.d. | n.d. | 0,61 | 1,69 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,64 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,41 |
| **PCB 77** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,51 |
| **PCB 110** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,72 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,62 | n.d. | n.d. | 0,48 |
| **PCB 151** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,71 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,67 | n.d. | n.d. | 0,60 |
| **PCB 123** | 16,85 | 8,7 | n.d. | 1,48 | 2,26 | 0,74 | 1,04 | 0,96 | 1,25 | 1,56 | 0,92 | 0,97 | n.d. | 0,50 |
| **PCB 149** | n.d. | n.d. | 0,72 | n.d. | 1,16 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,72 | 0,85 | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 118** | 19,6 | 7,72 | 6,64 | 7,46 | 11,8 | 3,16 | 5,19 | 5,00 | 8,95 | 10,12 | 4,35 | 5,08 | 1,49 | 0,56 |
| **PCB 114** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,43 |
| **PCB 153** | 53,8 | 19,9 | 9,79 | 5,61 | 23,9 | 5,07 | 6,28 | 7,16 | 8,25 | 10,7 | 3,44 | 5,60 | 1,10 | 0,38 |
| **PCB 132** | 88,9 | 1,32 | 6,15 | 7,31 | 18,3 | 4,49 | 6,82 | 7,81 | 10,3 | 14,9 | 3,23 | 4,95 | n.d. | 0,58 |
| **PCB 105** | n.d. | 2,65 | 1,35 | 1,98 | 3,63 | 1,06 | 2,02 | 1,97 | 2,99 | 3,29 | 1,83 | 1,54 | n.d. | 0,51 |
| **PCB 141** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,44 |
| **PCB 138** | 56,6 | 10,8 | 6,91 | 5,05 | 24,6 | 3,45 | 5,17 | 5,92 | 9,08 | 12,2 | 3,79 | 5,30 | 0,67 | 0,46 |
| **PCB 158** | 41,5 | 6,81 | 3,93 | 4,15 | 7,98 | 1,77 | 3,56 | 4,15 | 4,85 | 5,71 | 1,98 | 2,07 | n.d. | 0,53 |
| **PCB 126** | n.d. | n.d. | n.d. | 1,32 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,47 | n.d. | 0,67 | n.d. | 1,18 | 0,66 |
| **PCB 187** | n.d. | 4,25 | 3,08 | 1,60 | 6,65 | 1,20 | 1,55 | 1,81 | 1,97 | 2,86 | 0,88 | 1,13 | n.d. | 0,77 |
| **PCB 183** | n.d. | 1,03 | 1,06 | n.d. | 1,54 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,98 | 0,81 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,75 |
| **PCB 128** | n.d. | 3,03 | 2,44 | 1,62 | 3,97 | 1,17 | 1,11 | 1,86 | 2,15 | 2,44 | 0,72 | 0,97 | n.d. | 0,45 |
| **PCB 167** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,22 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,76 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,72 |
| **PCB 174** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,71 |
| **PCB 177** | n.d. | 1,39 | 0,88 | n.d. | 1,25 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,56 |
| **PCB 156** | n.d. | n.d. | 0,87 | n.d. | 1,26 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,84 | 0,82 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,59 |
| **PCB 157** | 0,76 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,73 |
| **PCB 180** | 17,8 | 5,77 | 4,85 | 1,73 | 5,13 | 0,95 | 1,28 | 1,58 | 2,56 | 2,79 | n.d. | 0,9 | n.d. | 0,62 |
| **PCB 169** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,53 |
| **PCB 170** | 6,87 | 2,04 | 2,27 | 0,77 | 1,90 | n.d. | 1,18 | 0,90 | 1,15 | 1,57 | 0,63 | n.d. | n.d. | 0,53 |
| **PCB 199** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,58 |
| **PCB 203** | n.d. | 3,47 | 4,12 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,63 |
| **PCB 189** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,60 |
| **PCB 195** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,01 |
| **PCB 194** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,09 |
| **PCB 206** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 1,02 |
| **PCB 209** | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0,74 |
| **∑ PCBs** | **318** | **84,6** | **59,8** | **58,8** | **142** | **26,2** | **40,4** | **47,3** | **70,1** | **87,6** | **60,6** | **35,3** | **20,9** | |

* Ubatuba/SP – 2011, ** Ubatuba/SP – 2012.

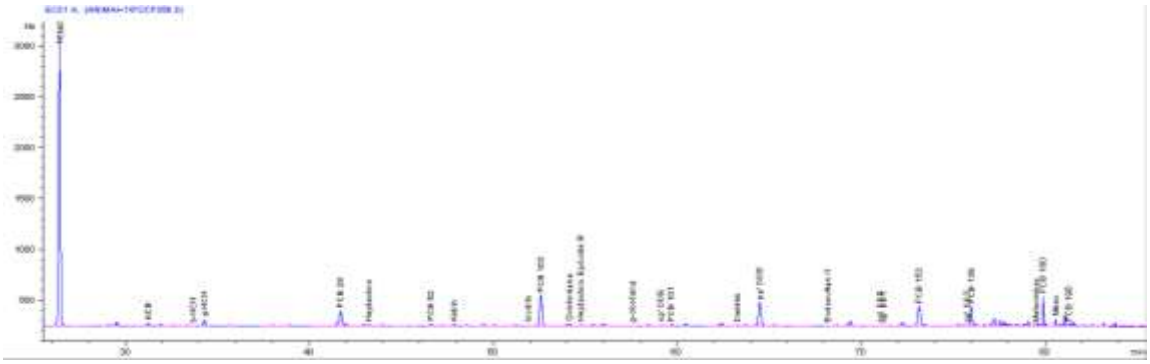
APÊNDICE 22

Cromatogramas obtidos na análise de PCBs com GC-MS (A) e de pesticidas organoclorados com GC-ECD (B) no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*.

(A)

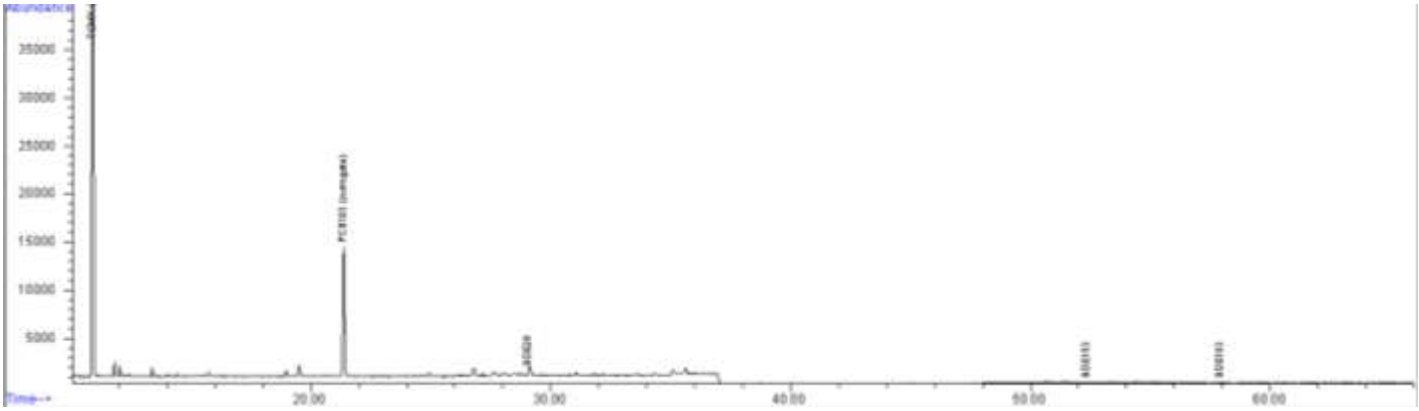


(B)



APÊNDICE 23

Cromatogramas obtidos na análise de PBDEs com GC-MS no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*.



# APÊNDICE 24

Resultados de peso seco (%) e lipídeos (%) a partir de 1g de fígado de Pinguim-de-Magalhães coletados no litoral do Brasil (São Paulo/Santa Catarina e Rio Grande do Sul) durante os anos de 2008 a 2012, e no Chile (CH) e Uruguai (UR) em 2011.

| Amostra | Peso seco | Lipídeos | Amostra | Peso seco | Lipídeos | Amostra | Peso seco | Lipídeos | Amostra | Peso seco | Lipídeos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ave 261** | 37,1 | 10% | **Ave 508** | 37,8 | 7% | **1284** | 39.6 | 2% | **2355** | 34.7 | 2% |
| **Ave 302** | 32,4 | 4% | **Ave 515** | 33,5 | 3% | **1288** | 42.5 | 2% | **2315** | 27.1 | 0% |
| **Ave 313** | 38,0 | 7% | **Ave 519** | 45,1 | 9% | **1** | 20.8 | 6% | **2317** | 32.1 | 5% |
| **Ave 324** | 34,0 | 4% | **Ave 521** | 37,5 | 7% | **2** | 27.6 | 5% | **2214** | 29.4 | 2% |
| **Ave 339** | 34,5 | 2% | **Ave 548** | 35,3 | 6% | **3** | 24.3 | 3% | **2281** | 28.1 | 1% |
| **Ave 342** | 37,3 | 5% | **Ave 555** | 33,4 | 4% | **4** | 19.4 | 3% | **2620** | 37.9 | 4% |
| **Ave 353** | 36,7 | 13% | **Ave 1067** | 26.7 | 0% | **5** | 24.8 | 2% | **2679** | 31.0 | 2% |
| **Ave 357** | 33,3 | 3% | **Ave 1078** | 27.0 | 0% | **6** | 26.2 | 0% | **AM 356** | 34.7 | 4% |
| **Ave 360** | 38,4 | 5% | **Ave 1118** | 27.2 | 2% | **7** | 24.1 | 3% | **AM 361** | 40.3 | 2% |
| **Ave 363** | 33,3 | 4% | **Ave 1055** | 31.5 | 2% | **8** | 24.6 | 1% | **AM 470** | 32.4 | 3% |
| **Ave 364** | 37,3 | 7% | **Ave 1111** | 28.7 | 2% | **9** | 25.8 | 1% | **AM 486** | 36.5 | 2% |
| **Ave 387** | 33,9 | 7% | **Ave 1112** | 25.6 | 1% | **10** | 23.5 | 2% | **AM 490** | 31.4 | 2% |
| **Ave 391** | 41,3 | 13% | **Ave 1070** | 34.4 | 2% | **11** | 27.0 | 2% | **AM570** | 42.6 | 1% |
| **Ave 395** | 40,2 | 7% | **Ave 1063** | 27.7 | 1% | | | | **AM 457** | 37.5 | 3% |
| **Ave 407** | 49,2 | 12% | **Ave 1066** | 27.9 | 2% | **CSC 78** | 31.4 | 3% | | | |
| **Ave 411** | 43,4 | 11% | **Ave 1091** | 26.8 | 2% | **CSC 79** | 27.9 | 1% | **1 (CH)** | 28.1 | 7% |
| **Ave 416** | 36,4 | 6% | **Ave 1093** | 26.1 | 0% | **CSC 181** | 37.1 | 1% | **2 (CH)** | 24.8 | 8% |
| **Ave 418** | 32,8 | 7% | **Ave 1099** | 25.8 | 2% | **CSC 187** | 34.5 | 0% | **3 (CH)** | 29.6 | 4% |
| **Ave 422** | 34,3 | 6% | **1** | 40.3 | 2% | **CSC 188** | 28.7 | 3% | **4 (CH)** | 26.5 | 5% |
| **Ave 425** | 38,6 | 4% | **2** | 37.5 | 3% | **CSC 182** | 25.6 | 1% | | | |
| **Ave 434** | 44,1 | 15% | **3** | 37.2 | 3% | **CSC 115** | 36.7 | 3% | **3 (UR)** | 28.5 | 3% |
| **Ave 440** | 34,2 | 5% | **4** | 38.1 | 2% | **f 1241** | 27.5 | 3% | **22(UR)** | 24.5 | 2% |
| **Ave 441** | 39,2 | 11% | **5** | 35.8 | 3% | | | | **24(UR)** | 36.8 | 0% |
| **Ave 450** | 32,9 | 8% | **6** | 29.7 | 2% | **2276** | 27.0 | 2% | **25(UR)** | 31.7 | 2% |
| **Ave 454** | 34,0 | 4% | **7** | 42.8 | 2% | **2319** | 23.8 | 1% | **26(UR)** | 34.1 | 1% |
| **Ave 465** | 36,4 | 4% | **8** | 23.9 | 4% | **2273** | 29.0 | 3% | **27(UR)** | 31.5 | 2% |
| **Ave 482** | 34,5 | 3% | **9** | 25.5 | 6% | **AM 229** | 29.4 | 4% | **30(UR)** | 27.2 | 0% |
| **Ave 491** | 47,1 | 17% | **10** | 30.3 | 4% | **AM 228** | 24.9 | 2% | **31(UR)** | 27.6 | 2% |
| **Ave 500** | 35,8 | 6% | **11** | 32.0 | 5% | **AM 217** | 30.3 | 3% | **37(UR)** | 28.3 | 0% |
| **Ave 504** | 35,8 | 2% | **1241** | 42.9 | 2% | **2306** | 30.6 | 3% | **48(UR)** | 33.3 | 0% |

# APÊNDICE 25

Resultados de peso seco (%) a partir de 1g de fígado e glândula uropigiana e lipídeos (%) a partir de 0,25g de fígado e glândula uropigiana de Pinguim-de-Magalhães coletados no litoral sudeste do Brasil (São Paulo) em 2012.

| Amostra | Peso seco | Lipídeos | Amostra | Peso seco | Lipídeos |
|---|---|---|---|---|---|
| **1241** | 42.9 | 2% | **1241G** | 27.8 | 18% |
| **1284** | 39.6 | 2% | **1284G** | 35.8 | 14% |
| **1288** | 42.5 | 2% | **1288G** | 37.5 | 17% |
| **1** | 20.8 | 6% | **1G** | 41.0 | 11% |
| **2** | 27.6 | 5% | **2G** | 40.2 | 8% |
| **3** | 24.3 | 3% | **3G** | 36.0 | 12% |
| **4** | 19.4 | 3% | **4G** | 37.9 | 11% |
| **5** | 24.8 | 2% | **5G** | 35.3 | 18% |
| **6** | 26.2 | 0% | **6G** | 38.9 | 16% |
| **7** | 24.1 | 3% | **7G** | 39.1 | 14% |
| **8** | 24.6 | 1% | **8G** | 33.1 | 19% |
| **9** | 25.8 | 1% | **9G** | 37.8 | 20% |
| **10** | 23.5 | 2% | **10G** | 41.2 | 12% |
| **11** | 27.0 | 2% | **11G** | 38.9 | 20% |

# 8 ANEXOS

## 8.1 Protocolo de coleta de material biológico

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**INSTITUTO OCEANOGRÁFICO**

**LABORATÓRIO DE QUÍMICA ORGÂNICA MARINHA**

**PROTOCOLO PARA COLETA DE FÍGADO E BILE EM PINGUIM DE MAGALHÃES (*Spheniscus magellanicus*) PARA ANÁLISE DE ORGANOCLORADOS E HPAs**

**Orientadora: Prof. Dra. Rosalinda Carmela Montone**

**Aluna: Paula Baldassin**

**Programa de Pós-graduação em Oceanografía Química e Geológica**

**2010**

1. Lembrar que os órgãos (fígado e vesícula biliar) não podem ser tocados por luvas de procedimentos (látex/vinil) até as amostras serem coletadas.

2. Material a ser utilizado:

    - Papel alumínio;
    - Pinça anatômica;
    - Ependorfe;
    - Cabo de bisturi;
    - Lamina de bisturi;
    - Saco plástico;
    - Papel vegetal e lápis;
    - Tesouras;
    - Seringa de 05 ml com agulha.

Material para a coleta

Material para a coleta

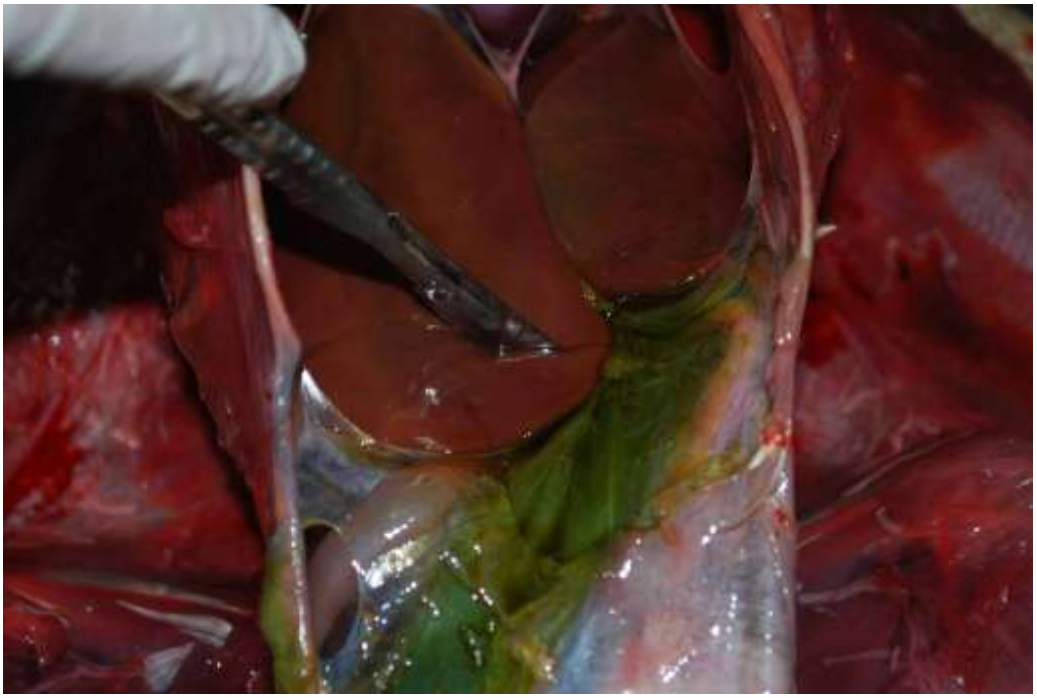
3. Visualizar a vesícula biliar na cavidade celomática do Pingüim.

4. Com a seringa retirar a bile. Caso necessite, utilize a pinça para segurar a vesícula biliar.

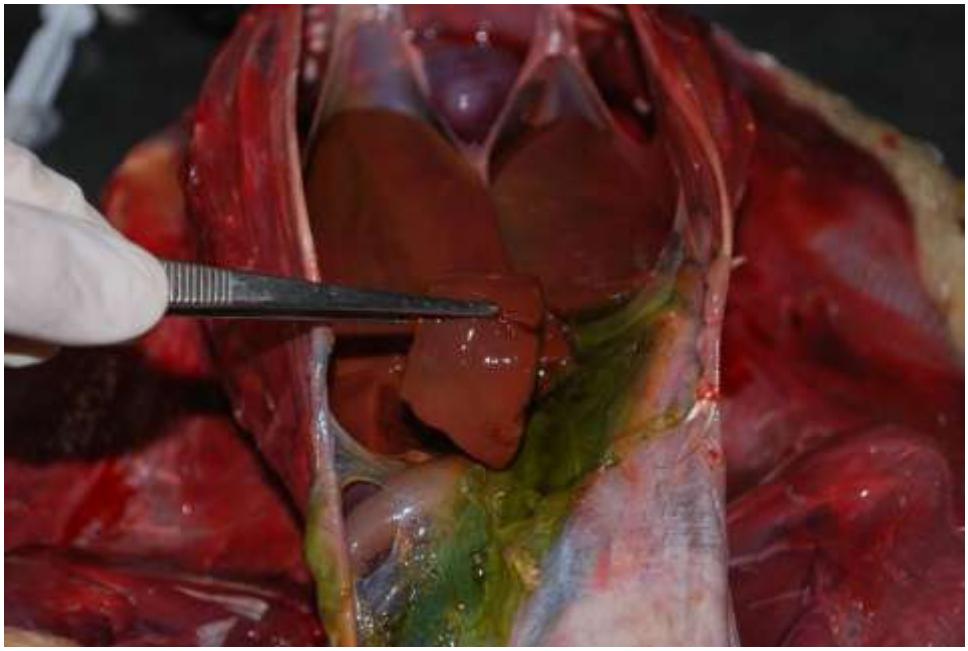
5. Ao retirar o conteúdo, depositá-lo em um ependorfe.

6. Visualizar o fígado na cavidade celomática do pingüim.

7. Cortar um pedaço do fígado com o bisturi.



8. Retirar o pedaço do fígado cortado com uma pinça.



9. Colocar o pedaço do fígado sobre o papel alumínio.

10.Envolver o fígado em papel alumínio.

11.Identificar o animal e preencher a planilha.

12.Fechar as amostras dentro de um saco plástico.

13.Armazenar em freezer comum.

# PLANILHA DE IDENTIFICAÇÃO DO PINGUIM

Nome da Instituição: _____

Nº de ID: _____

Local de captura: _____

Data de captura: _____

Data da coleta:_____

Estado da carcaça: □Bom □Ruim

Sexo: □Macho □Fêmea □Indefinido

Idade: □Jovem □Adulto

Conformação corpórea: □Magro □Bom estado corporal

Manchado de óleo: □Sim □Não

Presença de plástico em estômago: □Sim □Não

OBS: