

Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS)



Relatório Técnico Anual Integrado – 01/01/2021 a 31/12/2021

*Volume 2: Análise espaço temporal
integrada, HPA e elementos traço*

*Relatório Técnico
Revisão 00
Outubro/2022*

[illegible]

	Original	Rev.01	Rev.02	Rev.03	Rev.04	Rev.05	Rev.06	Rev.07	Rev.08
Data	21/10/2022								
Elaboração	UNIVALI / Mineral / Econservation / USP / UNESP / Petrobras								
Verificação									
Aprovação									

SUMÁRIO

TABELAS.....	6
FIGURAS.....	12
APRESENTAÇÃO	21
V. ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL INTEGRADA	23
V.1 Metodologia de Análise.....	25
V.1.1 Variáveis ambientais e antrópicas	25
V.1.2 Estratificação Espacial.....	33
V.1.3 Estratificação pelo habitat preferencial das espécies	36
V.1.4 Recorte temporal	36
V.1.5 Análises Estatísticas.....	37
V.2 Resultados e Discussão.....	41
V.2.1 Padrões de Encalhes.....	42
V.2.2 Índice de Saúde.....	76
V.3 Considerações	100
V.3.1 Padrões de encalhes	100
V.3.2 Índice de Saúde.....	100
V.4 Referências – Análise espaço temporal integrada	101
VI. HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA)	107
VI.1 Métodos	109
VI.2 Resultados e Discussão.....	113
VI.2.1 Aves marinhas	113
VI.2.2 Tartarugas marinhas.....	126
VI.2.3 Mamíferos marinhos	139
VI.3 Considerações	156
VI.4 Referências – HPA.....	158
VII. ELEMENTOS TRAÇO	162
VII.1 Métodos	164
VII.1.1 Recebimento, preparo e preservação de amostras	164
VII.1.2 Métodos de análise química	171
VII.1.3 Determinações.....	178
VII.2 Resultados	185
VII.2.1 Validação dos métodos	185
VII.2.2 Resultados e suas variáveis	192
VII.2.3 Análise estatística preliminar	195
VII.2.4 Análise estatística (histogramas)	202
VII.2.5 Análise estatística quantitativa (teste Kruskal-Wallis)	273
VII.3 Discussão	370
VII.3.1 Aves Marinhas	370
VII.3.2 Tartarugas Marinhas.....	380
VII.3.3 Mamíferos Marinhos	386
VII.3.4 Elementos traço derivados de atividades associadas a exploração de Petróleo	394

VII.4	Considerações	395
VII.5	Referências – Elementos traço	396

TABELAS

TABELA V.1.1-1 – PARÂMETROS UTILIZADOS NAS ANÁLISES DOS PADRÕES DE ENCALHES.	33
TABELA V.2.1-1 – RESUMO DO MODELO FINAL DA ANÁLISE DE RDA PARA AVES REGISTRADAS PELO PMP-BS ENTRE 2017 E 2021.	55
TABELA V.2.1-2 – RESUMO DO MODELO FINAL DA ANÁLISE DE RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS REGISTRADOS PELO PMP-BS ENTRE 2017 E 2021.	62
TABELA V.2.1-3 – RESUMO DO MODELO FINAL DA ANÁLISE DE RDA PARA MAMÍFEROS REGISTRADOS PELO PMP-BS ENTRE 2017 E 2021.	68
TABELA V.2.2-1 – QUANTITATIVO E PERCENTUAL DE AVES MARINHAS COM ÍNDICE DE SAÚDE CALCULADO, POR MESORREGIÃO E ESPÉCIE.	83
TABELA V.2.2-2 – QUANTITATIVO E PERCENTUAL DE TARTARUGAS MARINHAS COM ÍNDICE DE SAÚDE MÉDIO CALCULADO, POR MESORREGIÃO, ESPÉCIE E HABITAT	90
TABELA V.2.2-3 – QUANTITATIVO E PERCENTUAL DE MAMÍFEROS MARINHOS COM ÍNDICE DE SAÚDE CALCULADO, POR MESORREGIÃO E ESPÉCIE.	97
TABELA VI.2.1-1 – RESUMO DA INCIDÊNCIA DE QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM AVES, POR INDIVÍDUO, POR TECIDO (HEPÁTICO, TCH E ADIPOSEO, TCA) E POR SEXO DOS ANIMAIS.	113
TABELA VI.2.1-2 – INTERVALOS DE CONCENTRAÇÃO DE HPA NAS AMOSTRAS DE AVES MARINHAS. CONCENTRAÇÕES EM PESO ÚMIDO (NG G ⁻¹).	115
TABELA VI.2.2-1 – RESUMO DA INCIDÊNCIA DE QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM TARTARUGAS, POR INDIVÍDUO, POR TECIDO (HEPÁTICO, TCH E ADIPOSEO, TCA) E POR SEXO DOS ANIMAIS.	126
TABELA VI.2.2-2 – INTERVALO DE CONCENTRAÇÃO DE HPA NAS AMOSTRAS DE TARTARUGAS MARINHAS. CONCENTRAÇÕES EM PESO ÚMIDO (NG G ⁻¹).	129
TABELA VI.2.3-1 – RESUMO DA INCIDÊNCIA DE QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM MAMÍFEROS, POR INDIVÍDUO, POR TECIDO (HEPÁTICO, TCH E ADIPOSEO, TCA) E POR SEXO DOS ANIMAIS.	139
TABELA VI.2.3-2 – INTERVALO DE CONCENTRAÇÃO DE HPA NAS AMOSTRAS DE MAMÍFEROS. CONCENTRAÇÕES EM PESO ÚMIDO (NG G ⁻¹).	140
TABELA VI.2.3-3 – RESUMO DA INCIDÊNCIA DE QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM PINÍPEDES.	141
TABELA VI.2.3-4 – RESUMO DA INCIDÊNCIA DE QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM MISTICETOS.	142
TABELA VI.2.3-5 – RESUMO DA INCIDÊNCIA DE QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM ODONTOCETOS.	143
TABELA VI.3-1 - MÉDIAS DO SOMATÓRIO DE HPA E DESVIO PADRÃO.	156
TABELA VII-1. CONCENTRAÇÕES MÍNIMAS E MÁXIMAS DE ELEMENTOS TRAÇO (μG G ⁻¹), EM PESO SECO, EM TECIDO HEPÁTICO DE CETÁCEOS, TARTARUGAS MARINHAS E AVES MARINHAS.	162
TABELA VII.1.1-1 – TECIDOS DAS AMOSTRAS ENCAMINHADAS PARA O CENTRO DE ESTUDOS AMBIENTAIS DA UNESP (CEA/UNESP).	166
TABELA VII.2.1-1 – ANÁLISE DAS AMOSTRAS TORT-3 (HEPATOPÂNCREAS DE LAGOSTA NATIONAL RESEARCH COUNCIL – CANADÁ) E MR-05/12 (TECIDO ANIMAL – FÍGADO BOVINO LIOFILIZADO – EMBRAPA – BRASIL) USANDO ICP-MS (PESO SECO – MG KG ⁻¹). MÉDIA ± DESVIO PADRÃO (M ± DP). RECUPERAÇÃO ± DESVÍO.	186
TABELA VII.2.1-2 – DETERMINAÇÃO DE HG (PESO SECO – MG KG ⁻¹) NA AMOSTRA TORT-3 (HEPATOPÂNCREAS DE LAGOSTA NATIONAL RESEARCH COUNCIL – CANADÁ) E RECUPERAÇÃO DE HG (%) NA AMOSTRA MR (TECIDO ANIMAL – FÍGADO BOVINO IN	

NATURA) OBTIDAS USANDO CVAFS. MÉDIA ± DESVIO PADRÃO (M ± DP). RECUPERAÇÃO ± DESVIO PADRÃO RELATIVO (R ± DPR).....	186
TABELA VII.2.1-3 – RECUPERAÇÃO MÉDIA E DESVIO-PADRÃO (%) DAS AMOSTRAS DE REFERÊNCIA (MR- 05/12 E MR, FÍGADO BOVINO LIOFILIZADO E FÍGADO BOVINO IN NATURA) OBTIDAS NAS ANÁLISES DAS AMOSTRAS (INCLUI SOMENTE OS LOTES APROVADOS, N=5).....	187
TABELA VII.2.1-4 – ANÁLISE DE ELEMENTOS TRAÇO E RESULTADOS DA REPETITIVIDADE DAS SOLUÇÕES (A) A 5 µG KG ⁻¹ E (B) A 100 µG KG ⁻¹ , USANDO ICP-MS. MÉDIA ± DESVIO PADRÃO (M ± DP - µG KG ⁻¹). DESVIO PADRÃO RELATIVO (DPR - %) (N = 9).	188
TABELA VII.2.1-5 – ANÁLISE DE HG E RESULTADOS DA REPETITIVIDADE DA SOLUÇÃO © A 0,25 µG KG ⁻¹ , USANDO CVAFS. MÉDIA ± DESVIO PADRÃO (M ± DP - µG KG ⁻¹). DESVIO PADRÃO RELATIVO (DPR - %) (N = 9).	189
TABELA VII.2.1-6 – ANÁLISE DE ELEMENTOS TRAÇO E RESULTADOS DA REPRODUTIBILIDADE DAS SOLUÇÕES (A) A 5 µG KG ⁻¹ E (B) A 100 µG KG ⁻¹ , USANDO ICP-MS. MÉDIA DOS RESULTADOS (M - µG KG ⁻¹). DESVIO PADRÃO RELATIVO (DPR - %) (N = 9).....	190
TABELA VII.2.1-7 – ANÁLISE DE HG E RESULTADOS DA REPRODUTIBILIDADE DA SOLUÇÃO © A 0,25 µG KG ⁻¹ , USANDO CVAFS. MÉDIA DOS RESULTADOS (M - µG KG ⁻¹). DESVIO PADRÃO RELATIVO (DPR - %) (N = 9).....	190
TABELA VII.2.1-8 – LIMITE DE DETECÇÃO E LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (PESO SECO – MG KG ⁻¹) ESTABELECIDOS PARA A DETERMINAÇÃO DOS ANALITOS.	191
TABELA VII.2.2-1 – CODIFICAÇÃO NUMÉRICA E FREQUÊNCIA DE INDIVÍDUOS PARA ESPÉCIE.	192
TABELA VII.2.2-2 – CODIFICAÇÃO NUMÉRICA E FREQUÊNCIA DE INDIVÍDUOS PARA LOCALIZAÇÃO.....	193
TABELA VII.2.2-3 – CODIFICAÇÃO NUMÉRICA E FREQUÊNCIA DE INDIVÍDUOS PARA ESTÁGIO DO DESENVOLVIMENTO.	194
TABELA VII.2.2-4 – CODIFICAÇÃO NUMÉRICA E FREQUÊNCIA DE INDIVÍDUOS PARA SEXO.	194
TABELA VII.2.3-1 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.....	196
TABELA VII.2.3-2 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA LARUS DOMINICANUS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N =183), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.	196
TABELA VII.2.3-3 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA SULA LEUCOGASTER DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.	197
TABELA VII.2.3-4 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 73), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.....	198
TABELA VII.2.3-5 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA FREGATA MAGNIFICENS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.....	198
TABELA VII.2.3-6 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA CHELONIA MYDAS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.	199
TABELA VII.2.3-7 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA CARETTA CARETTA DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.	200

TABELA VII.2.3-8 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA SOTALIA GUIANENSIS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.	201
TABELA VII.2.3-9 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.	201
TABELA VII.2.3-10 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS DOS ELEMENTOS TRAÇO (N = 28), CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD.	202
TABELA VII.2.5-1 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS.	273
TABELA VII.2.5-2 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA LARUS DOMINICANUS.	273
TABELA VII.2.5-3 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA SULA LEUCOGASTER.	273
TABELA VII.2.5-4 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS.	274
TABELA VII.2.5-5 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA FREGATA MAGNIFICENS.	274
TABELA VII.2.5-6 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA CHELONIA MYDAS.	274
TABELA VII.2.5-7 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA CARETTA CARETTA.	274
TABELA VII.2.5-8 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI.	275
TABELA VII.2.5-9 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA SOTALIA GUIANENSIS.	275
TABELA VII.2.5-10 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS.	275
TABELA VII.2.5-11 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS).	276
TABELA VII.2.5-12 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA LARUS DOMINICANUS).	277
TABELA VII.2.5-13 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA SULA LEUCOGASTER).	277
TABELA VII.2.5-14 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS).	278
TABELA VII.2.5-15 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA FREGATA MAGNIFICENS).	279
TABELA VII.2.5-16 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA CHELONIA MYDAS).	280
TABELA VII.2.5-17 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA CARETTA CARETTA).	280
TABELA VII.2.5-18 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA SOTALIA GUIANENSIS).	281
TABELA VII.2.5-19 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI).	282
TABELA VII.2.5-20 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE SEXO PARA ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS).	283
TABELA VII.2.5-21 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS.	283
TABELA VII.2.5-22 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA LARUS DOMINICANUS.	284
TABELA VII.2.5-23 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA SULA LEUCOGASTER.	284
TABELA VII.2.5-24 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS.	284
TABELA VII.2.5-25 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA FREGATA MAGNIFICENS.	284
TABELA VII.2.5-26 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA CHELONIA MYDAS.	285

TABELA VII.2.5-27 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA CARETTA CARETTA.....	285
TABELA VII.2.5-28 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA SOTALIA GUIANENSIS.	285
TABELA VII.2.5-29 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI.	286
TABELA VII.2.5-30 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS.	286
TABELA VII.2.5-31 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS).	287
TABELA VII.2.5-32 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA LARUS DOMINICANUS).	288
TABELA VII.2.5-33 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA SULA LEUCOGASTER).	289
TABELA VII.2.5-34 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS).....	290
TABELA VII.2.5-35 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA FREGATA MAGNIFICENS).....	291
TABELA VII.2.5-36 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA CARETTA CARETTA).	292
TABELA VII.2.5-37 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA SOTALIA GUIANENSIS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	293
TABELA VII.2.5-38 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	295
TABELA VII.2.5-39 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS.	296
TABELA VII.2.5-40 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA LARUS DOMINICANUS.	297
TABELA VII.2.5-41 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA SULA LEUCOGASTER.	297
TABELA VII.2.5-42 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS. ...	298
TABELA VII.2.5-43 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA FREGATA MAGNIFICENS.	298
TABELA VII.2.5-44 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA CHELONIA MYDAS.	299
TABELA VII.2.5-45 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA CARETTA CARETTA.....	299
TABELA VII.2.5-46 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA SOTALIA GUIANENSIS.....	300
TABELA VII.2.5-47 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA A ESPÉCIE PONTOPORIA BLAINVILLEI.	300
TABELA VII.2.5-48 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS.....	301
TABELA VII.2.5-49 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.	302
TABELA VII.2.5-50 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	304

TABELA VII.2.5-51 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE LARUS DOMINICANUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.	312
TABELA VII.2.5-52 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA LARUS DOMINICANUS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	314
TABELA VII.2.5-53 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE SULA LEUCOGASTER NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.	316
TABELA VII.2.5-54 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA SULA LEUCOGASTER). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	318
TABELA VII.2.5-55 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE PHALACROCORAX BRASILIANUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.	322
TABELA VII.2.5-56 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	324
TABELA VII.2.5-57 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE FREGATA MAGNIFICENS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.	327
TABELA VII.2.5-58 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA FREGATA MAGNIFICENS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	329
TABELA VII.2.5-59 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.	331
TABELA VII.2.5-60 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA CHELONIA MYDAS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	333
TABELA VII.2.5-61 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA CARETTA CARETTA).	343
TABELA VII.2.5-62 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE SOTALIA GUIANENSIS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.	344
TABELA VII.2.5-63 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA SOTALIA GUIANENSIS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	346
TABELA VII.2.5-64 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.	348
TABELA VII.2.5-65 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE LOCAIS PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	350
TABELA VII.2.5-66 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA OS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS NOS INDIVÍDUOS DE ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA.	351
TABELA VII.2.5-67 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO ($N \geq 4$).	352

TABELA VII.2.5-68 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	354
TABELA VII.2.5-69 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA LARUS DOMINICANUS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	355
TABELA VII.2.5-70 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA SULA LEUCOGASTER). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	356
TABELA VII.2.5-71 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA PHALACROCORAX BRASILIANUS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	357
TABELA VII.2.5-72 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA FREGATA MAGNIFICENS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	358
TABELA VII.2.5-73 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO ($N \geq 4$)	359
TABELA VII.2.5-74 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA CHELONIA MYDAS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.	361
TABELA VII.2.5-75 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS ELEMENTOS TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE CARETTA CARETTA NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO ($N \geq 4$)	362
TABELA VII.2.5-76 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA CARETTA CARETTA).	364
TABELA VII.2.5-77 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	366
TABELA VII.2.5-78 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA SOTALIA GUIANENSIS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	368
TABELA VII.2.5-79 – VALORES DE PROBABILIDADE P DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (COMPARAÇÃO ENTRE ANOS DA COLETA PARA ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS). DESDOBRAMENTO REALIZADO PELO TESTE STUDENT-NEWMAN-KEULS.....	369
TABELA VII.3.1-1 – CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE ELEMENTOS TRAÇO RELATADOS PARA FREGATA MAGNIFICENS.	379
TABELA VII.3.2-1 – CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE ELEMENTOS TRAÇO RELATADOS PARA CARETTA CARETTA.....	385
TABELA VII.3.3-1 – CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE ELEMENTOS TRAÇO RELATADOS PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI.....	387
TABELA VII.3.3-2 – CONCENTRAÇÕES (MG KG ⁻¹) DE ELEMENTOS TRAÇO RELATADOS PARA SOTALIA GUIANENSIS.....	392
TABELA VII.3.3-3 – CONCENTRAÇÕES MÍNIMAS E MÁXIMAS DE ELEMENTOS TRAÇO NO TECIDO HEPÁTICO DE ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS RELATADAS POR BARAJ ET AL., 2009. VALORES EM MG KG ⁻¹ TRANSFORMADO EM BASE SECA (CONSIDERANDO 80% DE UMIDADE).....	393

FIGURAS

FIGURA V.1.1-1 – EXEMPLO DE CÁLCULO DOS PARÂMETROS DE (A) COMPRIMENTO DA PRAIA NÃO LINEAR (LETRA C) E LINEAR (LETRA D) E (B) CÁLCULO DO ÂNGULO DE EXPOSIÇÃO DAS PRAIAS (A SETA INDICA A ORIENTAÇÃO CALCULADA).	27
FIGURA V.1.1-2 – EXEMPLO DE CÁLCULO DA DISTÂNCIA DA PRAIA DE SÃO FRANCISCO DO SUL ÀS ATIVIDADES DE E&P NA BACIA DE SANTOS, SENDO QUE O CENTRO DE MAIOR INTENSIDADE DE INSTALAÇÕES DE UNIDADES DE PRODUÇÃO NO PÓLO PRÉ-SAL ESTÁ REPRESENTADO NA “ÁREA CONVEXA DE UPs” (POLO DE PRODUÇÃO).....	30
FIGURA V.1.1-3 – MAPAS DA MÉDIA DA INTENSIDADE DE TRÁFEGO DE EMBARCAÇÕES PARA TODO O PERÍODO DE JANEIRO A DEZEMBRO DE 2021: (A) EMBARCAÇÕES DA PETROBRAS; (B) EMBARCAÇÕES DE TERCEIROS. AS CORES REPRESENTAM A QUANTIDADE DE METROS NAVEGADOS EM CADA QUADRANTE EM TODO O PERÍODO. QUADRANTES EM PRETO NA FIGURA B INDICAM VALORES EXTREMAMENTE ALTOS (ACIMA DO DOBRO DOS DEMAIS) QUE FORAM REMOVIDOS DA ESCALA DE CORES....	31
FIGURA V.1.2-1 – ÁREAS AMOSTRAIS (MESORREGIÕES) UTILIZADAS PARA AGRUPAR AS PRAIAS PARA AS ANÁLISES E EXTENSÕES DOS LIMITES DAS MESMAS NA PLATAFORMA ADJACENTE PARA OS ESTADOS DE SANTA CATARINA E PARANÁ.	34
FIGURA V.1.2-2 – ÁREAS AMOSTRAIS (MESORREGIÕES) UTILIZADAS PARA AGRUPAR AS PRAIAS PARA AS ANÁLISES E EXTENSÕES DOS LIMITES DAS MESMAS NA PLATAFORMA ADJACENTE PARA O ESTADO DE SÃO PAULO.	35
FIGURA V.1.2-3 – ÁREAS AMOSTRAIS (MESORREGIÕES) UTILIZADAS PARA AGRUPAR AS PRAIAS PARA AS ANÁLISES E EXTENSÕES DOS LIMITES DAS MESMAS NA PLATAFORMA ADJACENTE PARA O ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....	35
FIGURA V.1.5-1 – CORRELOGRAMA ENTRE OS VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS ESTRATIFICADAS POR PROFUNDIDADE, UTILIZADAS NA RDA. TONS DE ROXO INDICAM CORRELAÇÃO POSITIVA, TONS DE VERDE CORRELAÇÃO NEGATIVA.	39
FIGURA V.1.5-2 – CORRELOGRAMA ENTRE OS DESVIOS PADRÕES DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS ESTRATIFICADAS POR PROFUNDIDADE, UTILIZADAS NA RDA. TONS DE ROXO INDICAM CORRELAÇÃO POSITIVA, TONS DE VERDE CORRELAÇÃO NEGATIVA.	40
FIGURA V.2.1-1 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE AVES REGISTRADAS POR ANO, (A) INCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES (SPHENISCUS MAGELLANICUS), E (B) SEM INCLUIR ESTA ESPÉCIE.....	43
FIGURA V.2.1-2 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE AVES REGISTRADAS POR TRIMESTRE, (A) INCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES (SPHENISCUS MAGELLANICUS), E (B) SEM INCLUIR ESTA ESPÉCIE.....	45
FIGURA V.2.1-3 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE AVES REGISTRADAS POR MESORREGIÃO, (A) INCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES (SPHENISCUS MAGELLANICUS), E (B) SEM INCLUIR ESTA ESPÉCIE.....	47
FIGURA V.2.1-4 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE MAMÍFEROS REGISTRADOS POR (A) ANO E (B) TRIMESTRE.....	49
FIGURA V.2.1-5 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE MAMÍFEROS REGISTRADOS POR MESORREGIÃO.	51
FIGURA V.2.1-6 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE TARTARUGAS MARINHAS REGISTRADAS POR (A) ANO E (B) TRIMESTRE.	52
FIGURA V.2.1-7 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE TARTARUGAS MARINHAS REGISTRADAS POR MESORREGIÃO.....	54

FIGURA V.2.1-8 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS SIGNIFICATIVAS.....	57
FIGURA V.2.1-9 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: MESORREGIÕES.....	58
FIGURA V.2.1-10 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: TRIMESTRES.....	59
FIGURA V.2.1-11 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: ANOS.....	60
FIGURA V.2.1-12 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: ESPÉCIES.....	61
FIGURA V.2.1-13 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS SIGNIFICATIVAS.....	63
FIGURA V.2.1-14 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: MESORREGIÕES.....	64
FIGURA V.2.1-15 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: TRIMESTRES.....	65
FIGURA V.2.1-16 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: ANOS.....	66
FIGURA V.2.1-17 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: ESPÉCIES.....	67
FIGURA V.2.1-18 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS SIGNIFICATIVAS.....	71
FIGURA V.2.1-19 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: MESORREGIÕES.....	72
FIGURA V.2.1-20 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: TRIMESTRES.....	73
FIGURA V.2.1-21 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: ANOS.....	74
FIGURA V.2.1-22 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: ESPÉCIES.....	75
FIGURA V.2.2-1 – MAPA DE CALOR COM A DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE EXEMPLARES POR MESORREGIÃO, TRIMESTRE E ANO NO PMP-BS ONDE FOI POSSÍVEL CALCULAR O IS PARA (A) AVES, (B) MAMÍFEROS, E (C) TARTARUGAS MARINHAS. QUADRANTES EM CINZA INDICAM AUSÊNCIA DE DADOS.....	77
FIGURA V.2.2-2 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS DAS ANÁLISES DO GLM DE AVES MARINHAS.....	80
FIGURA V.2.2-3 – ANÁLISE EXPLORATÓRIA DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA AVES, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2021 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS.....	82
FIGURA V.2.2-4 – GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS DAS ANÁLISES DO GLM DE TARTARUGAS MARINHAS.....	87
FIGURA V.2.2-5 – ANÁLISE EXPLORATÓRIA DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA TARTARUGAS MARINHAS, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2021 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS.....	88
FIGURA V.2.2-6 – GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS DAS ANÁLISES DO GLM DE MAMÍFEROS MARINHOS.....	92
FIGURA V.2.2-7 – ANÁLISE EXPLORATÓRIA DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA MAMÍFEROS MARINHOS, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2021 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS.....	94
FIGURA VI.2.1-1 – INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (AVES) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM: (A) PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR TRECHO DE PRAIA, (B) NO TECIDO HEPÁTICO POR TRECHO DE PRAIA, (C) NO TECIDO ADIPOSEO POR TRECHO DE PRAIA. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA TRECHO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO.....	117
FIGURA VI.2.1-2 – (A) INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (AVES) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ESPÉCIE. (B) INCIDÊNCIA (%) DE AMOSTRAS (TECIDO HEPÁTICO + TECIDO ADIPOSEO) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR ESPÉCIE. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE (A) INDIVÍDUOS E (B) AMOSTRAS, DE CADA ESPÉCIE. AS ESPÉCIES COM N AMOSTRAL INFERIOR A 20 ESTÃO DESTACADOS EM AMARELO.....	119
FIGURA VI.2.1-3 – INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (AVES) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM: (A) PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, (B) NO TECIDO HEPÁTICO POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, (C) NO TECIDO ADIPOSEO	

POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS EM CADA ESTÁGIO.	120
FIGURA VI.2.1-4 – INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (AVES) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR: (A) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO AMBOS OS TECIDOS, (B) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO HEPÁTICO, (C) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO ADIPOSEO. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA TRECHO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO.	123
FIGURA VI.2.1-5 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE HPA EM AVES COM QUANTIFICAÇÃO POR: (A) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO AMBOS OS TECIDOS, (B) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO HEPÁTICO, (C) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO ADIPOSEO. AS BARRAS VERTICAIS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA.	124
FIGURA VI.2.1-6 – (A) INCIDÊNCIA (%) DE AMOSTRAS DE AVES COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR ANO DA NECROPSIA. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE AMOSTRAS ANALISADAS EM CADA ANO. (B) CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE HPA EM AVES POR ANO DA NECROPSIA. AS BARRAS VERTICAIS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA.	125
FIGURA VI.2.2-1 – INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (TARTARUGAS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM: (A) PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR TRECHO DE PRAIA, (B) NO TECIDO HEPÁTICO POR TRECHO DE PRAIA, (C) NO TECIDO ADIPOSEO POR TRECHO DE PRAIA. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA TRECHO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO.	130
FIGURA VI.2.2-2 – (A) INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (TARTARUGAS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ESPÉCIE. (B) INCIDÊNCIA (%) DE AMOSTRAS (TECIDO HEPÁTICO + TECIDO ADIPOSEO) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR ESPÉCIE. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA ESPÉCIE. AS ESPÉCIES COM N AMOSTRAL INFERIOR A 20 ESTÃO DESTACADOS EM AMARELO.	132
FIGURA VI.2.2-3 – INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (TARTARUGAS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM: (A) PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, (B) NO TECIDO HEPÁTICO POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, (C) NO TECIDO ADIPOSEO POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA TRECHO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO.	133
FIGURA VI.2.2-4 – INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (TARTARUGAS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR: (A) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO AMBOS OS TECIDOS, (B) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO HEPÁTICO, (C) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO ADIPOSEO. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA TRECHO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO.	135
FIGURA VI.2.2-5 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE HPA EM TARTARUGAS COM QUANTIFICAÇÃO POR: (A) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO AMBOS OS TECIDOS, (B) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO HEPÁTICO, (C) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO ADIPOSEO. AS BARRAS VERTICAIS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA.	136
FIGURA VI.2.2-6 – (A) INCIDÊNCIA (%) DE AMOSTRAS DE TARTARUGAS COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR ANO DA NECROPSIA. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE AMOSTRAS ANALISADAS EM CADA ANO. (B) CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE HPA EM TARTARUGAS POR ANO DA NECROPSIA. AS BARRAS VERTICAIS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA.	138

FIGURA VI.2.3-1 – INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (MAMÍFEROS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM: (A) PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR TRECHO DE PRAIA, (B) NO TECIDO HEPÁTICO POR TRECHO DE PRAIA, (C) NO TECIDO ADIPOSEO POR TRECHO DE PRAIA. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA TRECHO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO.	147
FIGURA VI.2.3-2 – (A) INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (MAMÍFEROS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ESPÉCIE. (B) INCIDÊNCIA (%) DE AMOSTRAS (TECIDO HEPÁTICO + TECIDO ADIPOSEO) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR ESPÉCIE. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA ESPÉCIE (A) E O NÚMERO TOTAL DE AMOSTRAS ANALISADAS (B). AS ESPÉCIES COM N AMOSTRAL INFERIOR A 20 ESTÃO DESTACADOS EM AMARELO.	148
FIGURA VI.2.3-3 – INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (MAMÍFEROS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA EM: (A) PELO MENOS UM DOS TECIDOS POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, (B) NO TECIDO HEPÁTICO POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, (C) NO TECIDO ADIPOSEO POR ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA TRECHO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO.	150
FIGURA VI.2.3-4 – INCIDÊNCIA (%) DE INDIVÍDUOS (MAMÍFEROS) COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR: (A) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO AMBOS OS TECIDOS, (B) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO HEPÁTICO, (C) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO ADIPOSEO. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE INDIVÍDUOS DE CADA TRECHO COM TECIDO BIOLÓGICO ANALISADO.	152
FIGURA VI.2.3-5 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE HPA EM MAMÍFEROS COM QUANTIFICAÇÃO POR: (A) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO AMBOS OS TECIDOS, (B) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO HEPÁTICO, (C) ESCORE CORPORAL CONSIDERANDO APENAS O TECIDO ADIPOSEO. AS BARRAS VERTICAIS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA.	153
FIGURA VI.2.3-6 – (A) INCIDÊNCIA (%) DE AMOSTRAS DE MAMÍFEROS COM QUANTIFICAÇÃO DE HPA POR ANO DA NECROPSIA. OS NÚMEROS SOBRE AS BARRAS REPRESENTAM O NÚMERO TOTAL DE AMOSTRAS ANALISADAS EM CADA ANO. (B) CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE HPA EM MAMÍFEROS POR ANO DA NECROPSIA. AS BARRAS VERTICAIS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA CONCENTRAÇÃO MÉDIA.	155
FIGURA VII.1.1-1 – AMOSTRAS PARA ANÁLISE DE ELEMENTOS TRAÇO RECEBIDAS NO PERÍODO DE DEZEMBRO DE 2016 A DEZEMBRO DE 2021 DISTRIBUÍDAS POR TECIDOS (%).....	167
FIGURA VII.1.1-2 – FACA DE CERÂMICA, TÁBUA DE VIDRO E CAPELA DE FLUXO LAMINAR UTILIZADOS NA REAMOSTRAGEM DAS AMOSTRAS.	168
FIGURA VII.1.1-3 – GRAU E PISTILO DE PLÁSTICO UTILIZADOS NA MACERAÇÃO DAS AMOSTRAS.	170
FIGURA VII.1.1-4 – ULTRAFREEZER (-80°C) UTILIZADO PARA ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS.	170
FIGURA VII.1.2-1 – LIOFILIZADOR UTILIZADO PARA SECAGEM DAS AMOSTRAS.	172
FIGURA VII.1.2-2 – DIGESTOR MICRO-ONDAS (1) E CAPELA DE EXAUSTÃO (2) USADOS NA DIGESTÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS.	173
FIGURA VII.1.2-3 – DIGESTOR MICRO-ONDAS (1), ROTOR DE 44 FRASCOS(2) E FRASCOS (3) USADOS NA DIGESTÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS.	173
FIGURA VII.1.3-1 – ESPECTRÔMETRO DE MASSAS COM PLASMA ACOPLADO INDUTIVAMENTE UTILIZADO PARA AS DETERMINAÇÕES DE AS, Cd, CR, Cu, Pb, MN, Mo, Zn, Ni, Ba E V.....	179

FIGURA VII.1.3-2 – ESPECTRÔMETRO DE FLUORESCÊNCIA ATÔMICA UTILIZADO PARA A DETERMINAÇÃO DE Hg.	182
FIGURA VII.2.4-1 – HISTOGRAMA DE AS (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	203
FIGURA VII.2.4-2 – HISTOGRAMA DE Cd (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	204
FIGURA VII.2.4-3 – HISTOGRAMA DE CR (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	204
FIGURA VII.2.4-4 – HISTOGRAMA DE CU (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	205
FIGURA VII.2.4-5 – HISTOGRAMA DE Pb (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	205
FIGURA VII.2.4-6 – HISTOGRAMA DE Mn (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	206
FIGURA VII.2.4-7 – HISTOGRAMA DE Mo (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	206
FIGURA VII.2.4-8 – HISTOGRAMA DE Ni (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	207
FIGURA VII.2.4-9 – HISTOGRAMA DE Zn (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	207
FIGURA VII.2.4-10 – HISTOGRAMA DE Ba (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	208
FIGURA VII.2.4-11 – HISTOGRAMA DE V (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	208
FIGURA VII.2.4-12 – HISTOGRAMA DE Hg (SPHENISCUS MAGELLANICUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 775), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	209
FIGURA VII.2.4-13 – HISTOGRAMA DE AS (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 183), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	210
FIGURA VII.2.4-14 – HISTOGRAMA DE Cd (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 183), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	211
FIGURA VII.2.4-15 – HISTOGRAMA DE CR (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 183), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	211
FIGURA VII.2.4-16 – HISTOGRAMA DE CU (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 183), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	212
FIGURA VII.2.4-17 – HISTOGRAMA DE Pb (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 183), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	212
FIGURA VII.2.4-18 – HISTOGRAMA DE Mn (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 183), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	213
FIGURA VII.2.4-19 – HISTOGRAMA DE Mo (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 183), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	213
FIGURA VII.2.4-20 – HISTOGRAMA DE Zn (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 183), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	214
FIGURA VII.2.4-21 – HISTOGRAMA DE Ni (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 183), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	214
FIGURA VII.2.4-22 – HISTOGRAMA DE Ba (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 183), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	215
FIGURA VII.2.4-23 – HISTOGRAMA DE V (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 183), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	215
FIGURA VII.2.4-24 – HISTOGRAMA DE Hg (LARUS DOMINICANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 183), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	216
FIGURA VII.2.4-25 – HISTOGRAMA DE AS (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	218

FIGURA VII.2.4-26 – HISTOGRAMA DE Cd (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	218
FIGURA VII.2.4-27 – HISTOGRAMA DE Cr (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	219
FIGURA VII.2.4-28 – HISTOGRAMA DE Cu (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	219
FIGURA VII.2.4-29 – HISTOGRAMA DE Mn (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	220
FIGURA VII.2.4-30 – HISTOGRAMA DE Pb (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	220
FIGURA VII.2.4-31 – HISTOGRAMA DE Mo (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	221
FIGURA VII.2.4-32 – HISTOGRAMA DE Zn (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	221
FIGURA VII.2.4-33 – HISTOGRAMA DE Ni (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	222
FIGURA VII.2.4-34 – HISTOGRAMA DE Ba (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	222
FIGURA VII.2.4-35 – HISTOGRAMA DE V (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	223
FIGURA VII.2.4-36 – HISTOGRAMA DE Hg (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 122), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	223
FIGURA VII.2.4-37 – HISTOGRAMA DE Hg (SULA LEUCOGASTER) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 126), CONSIDERANDO O VALOR DO LD, INCLUINDO 4 POSSÍVEIS OUTLIERS...	224
FIGURA VII.2.4-38 – HISTOGRAMA DE As (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 73), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	225
FIGURA VII.2.4-39 – HISTOGRAMA DE Cd (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 73), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	225
FIGURA VII.2.4-40 – HISTOGRAMA DE Cr (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 73), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	226
FIGURA VII.2.4-41 – HISTOGRAMA DE Cu (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 73), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	226
FIGURA VII.2.4-42 – HISTOGRAMA DE Pb (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 73), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	227
FIGURA VII.2.4-43 – HISTOGRAMA DE Mn (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 73), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	227
FIGURA VII.2.4-44 – HISTOGRAMA DE Mo (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 73) CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	228
FIGURA VII.2.4-45 – HISTOGRAMA DE Zn (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 73), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	228
FIGURA VII.2.4-46 – HISTOGRAMA DE Ni (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 73), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	229
FIGURA VII.2.4-47 – HISTOGRAMA DE Ba (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 73), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	229
FIGURA VII.2.4-48 – HISTOGRAMA DE V (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 73), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	230
FIGURA VII.2.4-49 – HISTOGRAMA DE Hg (PHALACROCORAX BRASILIANUS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 73), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	230
FIGURA VII.2.4-50 – HISTOGRAMA DE As (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	232
FIGURA VII.2.4-51 – HISTOGRAMA DE Cd (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	232

FIGURA VII.2.4-52 – HISTOGRAMA DE CR (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	233
FIGURA VII.2.4-53 – HISTOGRAMA DE CU (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	233
FIGURA VII.2.4-54 – HISTOGRAMA DE PB (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	234
FIGURA VII.2.4-55 – HISTOGRAMA DE MN (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	234
FIGURA VII.2.4-56 – HISTOGRAMA DE MO (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	235
FIGURA VII.2.4-57 – HISTOGRAMA DE ZN (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	235
FIGURA VII.2.4-58 – HISTOGRAMA DE BA (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	236
FIGURA VII.2.4-59 – HISTOGRAMA DE NI (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	236
FIGURA VII.2.4-60 – HISTOGRAMA DE V (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	237
FIGURA VII.2.4-61 – HISTOGRAMA DE HG (FREGATA MAGNIFICENS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 52), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	237
FIGURA VII.2.4-62 – HISTOGRAMA DE AS (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	239
FIGURA VII.2.4-63 – HISTOGRAMA DE CD (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	239
FIGURA VII.2.4-64 – HISTOGRAMA DE CR (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	240
FIGURA VII.2.4-65 – HISTOGRAMA DE CU (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	240
FIGURA VII.2.4-66 – HISTOGRAMA DE PB (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	241
FIGURA VII.2.4-67 – HISTOGRAMA DE MN (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	241
FIGURA VII.2.4-68 – HISTOGRAMA DE MO (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	242
FIGURA VII.2.4-69 – HISTOGRAMA DE NI (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	242
FIGURA VII.2.4-70 – HISTOGRAMA DE ZN (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	243
FIGURA VII.2.4-71 – HISTOGRAMA DE BA (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	243
FIGURA VII.2.4-72 – HISTOGRAMA DE V (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	244
FIGURA VII.2.4-73 – HISTOGRAMA DE HG (CHELONIA MYDAS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 962), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	244
FIGURA VII.2.4-74 – HISTOGRAMA DE AS (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	246
FIGURA VII.2.4-75 – HISTOGRAMA DE CD (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	246
FIGURA VII.2.4-76 – HISTOGRAMA DE CR (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	247
FIGURA VII.2.4-77 – HISTOGRAMA DE CU (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	247

FIGURA VII.2.4-78 – HISTOGRAMA DE Pb (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	248
FIGURA VII.2.4-79 – HISTOGRAMA DE Mn (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	248
FIGURA VII.2.4-80 – HISTOGRAMA DE Mo (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35) CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	249
FIGURA VII.2.4-81 – HISTOGRAMA DE Zn (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	249
FIGURA VII.2.4-82 – HISTOGRAMA DE Ni (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	250
FIGURA VII.2.4-83 – HISTOGRAMA DE Ba (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	250
FIGURA VII.2.4-84 – HISTOGRAMA DE V (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	251
FIGURA VII.2.4-85 – HISTOGRAMA DE Hg (CARETTA CARETTA) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 35), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	251
FIGURA VII.2.4-86 – HISTOGRAMA DE As (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	253
FIGURA VII.2.4-87 – HISTOGRAMA DE Cd (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	253
FIGURA VII.2.4-88 – HISTOGRAMA DE Cr (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	254
FIGURA VII.2.4-89 – HISTOGRAMA DE Cu (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	254
FIGURA VII.2.4-90 – HISTOGRAMA DE Pb (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	255
FIGURA VII.2.4-91 – HISTOGRAMA DE Mn (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	255
FIGURA VII.2.4-92 – HISTOGRAMA DE Mo (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	256
FIGURA VII.2.4-93 – HISTOGRAMA DE Zn (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	256
FIGURA VII.2.4-94 – HISTOGRAMA DE Ni (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	257
FIGURA VII.2.4-95 – HISTOGRAMA DE Ba (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	257
FIGURA VII.2.4-96 – HISTOGRAMA DE V (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	258
FIGURA VII.2.4-97 – HISTOGRAMA DE Hg (SOTALIA GUIANENSIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 87), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	258
FIGURA VII.2.4-98 – HISTOGRAMA DE As (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	260
FIGURA VII.2.4-99 – HISTOGRAMA DE Cd (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	260
FIGURA VII.2.4-100 – HISTOGRAMA DE Cr (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	261
FIGURA VII.2.4-101 – HISTOGRAMA DE Pb (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	261
FIGURA VII.2.4-102 – HISTOGRAMA DE Cu (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	262
FIGURA VII.2.4-103 – HISTOGRAMA DE Mo (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.....	262

FIGURA VII.2.4-104 – HISTOGRAMA DE MN (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	263
FIGURA VII.2.4-105 – HISTOGRAMA DE NI (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	263
FIGURA VII.2.4-106 – HISTOGRAMA DE ZN (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	264
FIGURA VII.2.4-107 – HISTOGRAMA DE BA (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	264
FIGURA VII.2.4-108 – HISTOGRAMA DE HG (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	265
FIGURA VII.2.4-109 – HISTOGRAMA DE V (PONTOPORIA BLAINVILLEI) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 100), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	265
FIGURA VII.2.4-110 – HISTOGRAMA DE AS (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 28), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	267
FIGURA VII.2.4-111 – HISTOGRAMA DE CD (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 28), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	267
FIGURA VII.2.4-112 – HISTOGRAMA DE CR (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 28), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	268
FIGURA VII.2.4-113 – HISTOGRAMA DE CU (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 28), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	268
FIGURA VII.2.4-114 – HISTOGRAMA DE PB (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 28), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	269
FIGURA VII.2.4-115 – HISTOGRAMA DE MN (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 28), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	269
FIGURA VII.2.4-116 – HISTOGRAMA DE MO (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 28) CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	270
FIGURA VII.2.4-117 – HISTOGRAMA DE ZN (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 28), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	270
FIGURA VII.2.4-118 – HISTOGRAMA DE NI (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 28), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	271
FIGURA VII.2.4-119 – HISTOGRAMA DE BA (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 28), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	271
FIGURA VII.2.4-120 – HISTOGRAMA DE V (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 28), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	272
FIGURA VII.2.4-121 – HISTOGRAMA DE HG (ARCTOCEPHALUS AUSTRALIS) PARA ELEMENTOS TRAÇO (N = 28), CONSIDERANDO O VALOR DO LD.	272

APRESENTAÇÃO

O Projeto de Monitoramento de Praias (PMP-BS) é um dos projetos regionais concebidos e executados para atender demanda dos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos da PETROBRAS na Bacia de Santos. Estes processos são conduzidos pela Coordenação Geral de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Marinhos e Costeiros – CGMAC, da Diretoria de Licenciamento Ambiental – DILIC, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. O processo administrativo IBAMA que contempla o PMP-BS é Nº 02001.114275/2017-00. As atividades do PMP-BS iniciaram em agosto de 2015 e tem se desenvolvido ininterruptamente até o momento.

Atualmente, a execução do PMP-BS é coordenada por três instituições, cada uma com foco em uma região geográfica: Área SC/PR, coordenada pela Univali (Universidade do Vale do Itajaí); Área SP, coordenada pela empresa Mineral Engenharia e Meio Ambiente; e Área RJ, coordenada pela empresa Econservation Estudos e Projetos Ambientais, e conta com a participação de diversas instituições pertencentes à REMASUL (Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos do Sul) e à REMASE (Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos do Sudeste), ambas as redes componentes da REMAB (Rede de Encalhe e Informação de Mamíferos Aquáticos do Brasil) e Fundação Pró-Tamar.

O PMP-BS também contempla a realização de análises de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA), sob responsabilidade do Laboratório de Química Orgânica Marinha do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP) e de elementos traço, sob responsabilidade do Laboratório de Elementos Traços do Centro de Estudos Ambientais da Unesp (Universidade Estadual Paulista/UNESP), análises realizadas a partir de tecidos extraídos de animais encontrados mortos no monitoramento de praias.

Este Relatório Técnico Anual foi elaborado em conjunto pelas três instituições que coordenam o PMP-BS em cada Área, com as contribuições

dos conteúdos de HPA (USP) e elementos traço (UNESP), tendo sido dividido em três volumes que apresentam os seguintes conteúdos:

Volume I: Resumo Executivo, Introdução, descrição dos resultados das atividades do Monitoramento de Praias (riqueza e abundância das espécies, quantitativos do monitoramento terrestre e embarcado, padrões dos acionamentos) e do Atendimento Veterinário (reabilitação, necropsias, índice de saúde), análises dos parâmetros biológicos (estrutura etária, maturidade);

Volume II: análises espaço-temporal integradas sobre padrões de enalhes e de índice de saúde, análises de HPA e de elementos traço;

Volume III: registros de fauna oleada, resíduos oleosos e sólidos, ações de comunicação, considerações finais e equipe técnica.

V. ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL INTEGRADA

Dos seis objetivos específicos apresentados no Projeto Executivo Integrado do PMP-BS, nesta seção serão abordados aqueles ligados aos padrões de encalhes e à saúde dos animais:

1. Avaliar a existência de variação espaço-temporal nos padrões de encalhes dos tetrápodes marinhos registrados pelo PMP-BS;

(...)

4. Avaliar a condição de saúde geral das espécies de Tetrápodes marinhos registradas pelo PMP-BS;

(...)

6. Estimar quanto da variabilidade espacial e temporal dos encalhes e da saúde de tetrápodes marinhos registrados pelo PMP-BS, pode ser atribuída a variações ambientais e a variáveis antrópicas relacionadas às atividades de E&P no pré-sal;

A fim de compreender os padrões de encalhes, os registros de fauna foram caracterizados tanto do ponto de vista da abundância e riqueza, como da variação espaço-temporal. Para se analisar os padrões de encalhes dos animais registrados durante os monitoramentos, foram compilados fatores ambientais e antrópicos que pudessem ter relação com a abundância e diversidade de animais registrados.

A área monitorada no PMP-BS é extensa e apresenta grande heterogeneidade nas características naturais e antrópicas da costa e do ambiente marinho. Isto se soma às particularidades ecológicas dos grupos taxonômicos estudados, que estão sujeitos a diferentes estressores, e à própria distância das atividades de produção e escoamento de petróleo e gás natural da PETROBRAS à costa, fazendo da análise dos dados um desafio do ponto de vista metodológico. Assim, desde o primeiro relatório anual do PMP-BS vêm-se propondo e refinando estratégias de estratificação dos dados para as análises realizadas, que buscam minimizar os efeitos da heterogeneidade

espacial ao longo da área e dos diferentes hábitos das espécies. Para a estratificação espacial nas análises integradas também estão sendo utilizadas as mesorregiões apresentadas no item *III.1.4 - Estratificação Espacial (Mesorregiões)*, apresentado no Volume 1. Estas foram inicialmente utilizadas no 3º Relatório Técnico Anual do PMP-BS Fase 1 (PETROBRAS, 2019a), e vêm sendo adotadas nos relatórios subsequentes.

Para que um animal seja encontrado na praia, existem diversos fatores ambientais e antropogênicos que podem contribuir. Conceitualmente, diferentes taxas de encalhes das espécies podem ser influenciadas pela abundância relativa das espécies, pelas diferentes taxas de mortalidade entre espécies, pela flutuabilidade das carcaças, pelo local da morte e por processos de deriva e, por último, pela própria chance de detecção da carcaça (Peltier *et al.*, 2012; Wells *et al.*, 2015; Prado *et al.*, 2016).

Para a detectabilidade das carcaças pode-se considerar que, a chance de detecção de um animal que encalhe em praias com monitoramento ativo diário é de 100%. Portanto, nestas praias, as diferenças nos padrões de encalhes devem ser regidos pelos demais fatores. Por outro lado, praias com monitoramento semanal apresentam probabilidades de detecção diferentes das de monitoramento diário, uma vez que carcaças pequenas podem ser totalmente consumidas por animais necrófagos, ou retornarem ao mar devido a marés de maior amplitude entre uma visita e outra das equipes de monitoramento. Portanto, dados de praias com estratégia de monitoramento diário e semanal são analisadas separadamente neste relatório.

No que diz respeito à probabilidade de um animal morto encalhar, há uma grande influência dos processos de deriva da carcaça e do local onde o animal morreu (Peltier *et al.*, 2012; Prado *et al.*, 2016; Moore *et al.*, 2020). Apesar de existirem trabalhos sobre correntes na plataforma externa (e.g., Castelão *et al.*, 2004; Palma *et al.*, 2008; Matano *et al.*, 2010; Strub *et al.*, 2015), e trabalhos empíricos sobre a deriva de carcaças (Prado *et al.*, 2013), não existem dados ou modelos disponíveis sobre as correntes costeiras na área que permitam avaliar os padrões de deriva dos animais registrados pelo PMP-BS. Deste modo foram consideradas variáveis da própria fisiografia da

praia que pudessem influenciar a probabilidade de um animal encalhar, tal como sua curvatura e orientação.

V.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE

V.1.1 Variáveis ambientais e antrópicas

Para as análises que buscavam avaliar o efeito de fatores ambientais no padrão de encalhes, foram utilizadas variáveis descritas na literatura técnico-científica que tivessem o potencial de influenciar a distribuição e abundância das espécies alvo. Várias publicações científicas mostram que diferentes espécies têm sua distribuição afetada por diferentes características oceanográficas, tais como profundidade, distância da costa, inclinação do fundo, salinidade, temperatura da água, produtividade, estado do mar, presença de frentes oceanográficas entre outras (Tremblay *et al.* 2009; Oppel *et al.*, 2012; McClellan *et al.*, 2014; do Amaral *et al.*, 2015; Fernandez *et al.*, 2017; Virgili *et al.*, 2022).

Como a amostra do PMP-BS consiste em animais encontrados nas praias, não foram utilizadas variáveis como distância da costa e profundidade de ocorrência, apesar destas variáveis terem sido identificadas em diversos trabalhos como as mais importantes na determinação da distribuição das espécies. Ainda assim, a distância da praia até a quebra da plataforma continental foi incorporada nas análises a fim de observar se esta variável influencia na ocorrência de tetrápodes oceânicos nas praias.

A concentração de clorofila fitoplanctônica é muitas vezes associada à distribuição de aves e cetáceos, por ser um possível indicador da produtividade secundária (Ballance *et al.*, 2006). Portanto, justifica-se o uso da clorofila como uma das variáveis sob análise, embora nenhuma espécie de tetrápode marinho seja consumidora de fitoplâncton.

No que diz respeito às variáveis de origem antrópica, foi necessário limitar àqueles fatores que estão disponíveis para serem integrados às análises, ou que possam ser estimados para toda a área analisada. Deste modo, foram utilizadas variáveis ligadas diretamente às atividades de E&P na área, tais como, localização das unidades de produção da PETROBRAS e de outras

empresas que operem na Bacia de Santos, tráfego de embarcações da PETROBRAS e de terceiros, devido ao seu potencial gerador de efeitos diretos e indiretos sobre a fauna marinha (Hastie *et al.*, 2003; Panigada *et al.*, 2006; Campana *et al.*, 2015; Wisniewska *et al.*, 2018). As atividades portuárias também foram variáveis antrópicas contempladas na análise uma vez que são locais com potencial de impactar diversos aspectos ambientais (Darbra *et al.*, 2005).

A pesca é considerada como um dos principais causadores de mortalidade em cetáceos, tartarugas marinhas e diversas espécies de aves marinhas, especialmente as oceânicas (Neves *et al.*, 2006; Rocha-Campos *et al.*, 2010, 2011; Marcovaldi *et al.*, 2011), podendo influenciar indireta e negativamente pinípedes, como a competição por recursos (Kovacs *et al.*, 2012). Entretanto, como os dados gerados pelo Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira da Bacia de Santos (PMAP-BS) para o período que compreende este relatório somente estarão disponíveis após sua conclusão, não foi possível incluir a variável antrópica esforço pesqueiro na análise.

Considerando todos os pontos supracitados, as análises dos padrões de encalhes descritas neste relatório incluíram as variáveis descritas a seguir e resumidas na Tabela V.1.1-1.

Variáveis ambientais

Comprimento da praia (não-linear): distância do ponto inicial ao ponto final da praia, circundando a curvatura do local (“C” na Figura V.1.1-1A).

Comprimento linear da praia: distância em linha reta que une os dois pontos extremos da praia (“D” na Figura V.1.1-1A).

Curvatura da praia: foi dividido o comprimento curvilíneo da praia pela distância de uma linha reta que unisse os dois pontos extremos da praia (C/D, Figura V.1.1-1A).

Orientação da praia: utilizando-se a mesma linha gerada para o cálculo da curvatura, foi considerada como a orientação da praia uma linha perpendicular à da ligação entre seus extremos (Figura V.1.1-1B). De acordo com o valor em

graus dessa orientação, as praias foram e categorizadas dentro dos pontos cardeais e colaterais: N - 338° a 22°; NE - 23° a 67°; E - 68° a 112°; SE – 113° a 157°; S – 158° a 202°; SW – 203° a 247°; W – 248° a 292°; NW – 293° a 337°.

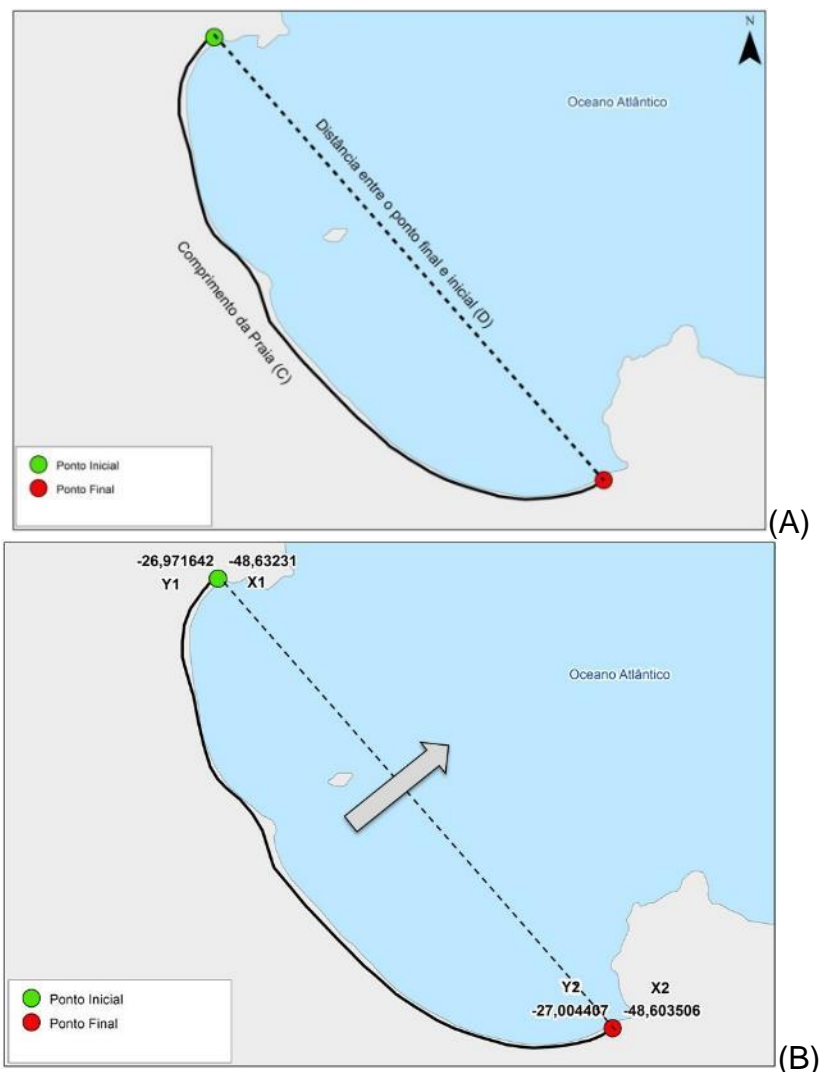


Figura V.1.1-1 – Exemplo de cálculo dos parâmetros de (A) comprimento da praia não linear (letra C) e linear (letra D) e (B) cálculo do ângulo de exposição das praias (a seta indica a orientação calculada).

Distância da praia a quebra da Plataforma Continental: foi calculada a distância do centroide da praia para o ponto mais próximo da quebra da plataforma continental. Esta variável foi incluída a fim de observar se existe relação entre a proximidade destes limites e a maior ocorrência de indivíduos com habitat oceânico.

Temperatura Superficial do Mar (TSM): foram obtidas imagens representando os valores mensais de temperatura superficial da água do mar obtidas através de observações diurnas pelo do satélite TERRA, com uma resolução de 4 km/pixel, para todo o período amostral. As imagens foram obtidas a partir da página PODDAC (Physical Oceanography Distributed Active Archive Center - <https://podaac.jpl.nasa.gov/>).

Clorofila: Os dados de clorofila são provenientes do satélite AQUA derivados de observações do oceano feitas por sensores de órbita polar, neste caso MODIS, com resolução de 4 km/pixel. Foram obtidas imagens representando as médias mensais, a partir da página PODDAC (*Physical Oceanography Distributed Active Archive Center* - <https://podaac.jpl.nasa.gov/>).

Altura Significativa de Onda: Os dados de altura significativa de onda foram obtidos através do modelo ERA5 disponibilizados pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). As imagens possuem resolução espacial de 0,5° de latitude/longitude e resolução temporal com estimativas de hora em hora. Para esta metodologia foi utilizado os dados de reanálise da média mensal a partir das medições dos dados diários. A altura significativa de onda é expressa em metros.

Direção do Swell: Os dados de direção do swell foram obtidos através do modelo ERA5 disponibilizados pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). As imagens possuem resolução espacial de 0,5° de latitude/longitude e resolução temporal com estimativas de hora em hora. Para esta metodologia foi utilizado os dados de reanálise da média mensal a partir das medições dos dados diários. A direção do swell é expressa em graus.

Velocidade e Direção do Vento: Os dados de direção (graus) e velocidade (m/s) do vento foram obtidos do modelo ERA5 disponibilizados pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Os dados do modelo consideram a direção e velocidade do vento a uma altura padrão de 10 metros acima da superfície do nível do mar. Os dados foram calculados a

partir das componentes zonal (u) e componente meridional (v). As imagens possuem resolução espacial de 0,25° de latitude/longitude e resolução temporal com estimativas de hora em hora. Para esta metodologia foi utilizado os dados de reanálise da média mensal a partir das medições dos dados diários.

Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL): de acordo com MMA (2007, p. 8), o ISL é estabelecido com base no “conhecimento das características geomorfológicas da costa, considerando o tipo de substrato, a declividade do litoral e o grau de exposição à energia de ondas e marés”. Foram utilizados os valores disponibilizados pelo MMA no endereço <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/cartas-de-sensibilidade-ao-oleo/base-de-dados.html>.

Morfodinâmica da praia: A partir de revisões bibliográficas, foram caracterizados os estados morfodinâmicos das praias arenosas ao longo da costa, de modo que fosse possível distinguir os estados dissipativo, intermediário e reflectivo.

Variáveis antrópicas

Distância da praia às atividades de E&P na Bacia de Santos: foram utilizadas as posições das unidades marítimas da PETROBRAS na Bacia de Santos relacionadas à atividade de produção e escoamento de petróleo e gás natural (Figura V.1.1-2). Uma vez que outras operadoras também atuam na Bacia de Santos em regiões próximas, também foram incluídos os FPSO Cidade de Itajaí, operada atualmente pela Karoon Energy, e FPSO Cidade de Caraguatatuba, operada atualmente pela TotalEnergies. Deste modo as análises do PMP-BS avaliaram a interferência conjunta das atividades da PETROBRAS e de outras empresas.

Uma vez que todas as unidades de produção são estáticas, há uma colinearidade marcante entre as distâncias das quatro áreas de concentração das atividades de E&P, pois a localização diferente de cada praia obrigatoriamente gera mudanças nas distâncias com as unidades de

produção. Portanto neste relatório se utilizou somente a distância em quilômetros dos centróides das praias para o centro de maior intensidade de instalações de unidades de produção no Pólo Pré-sal.

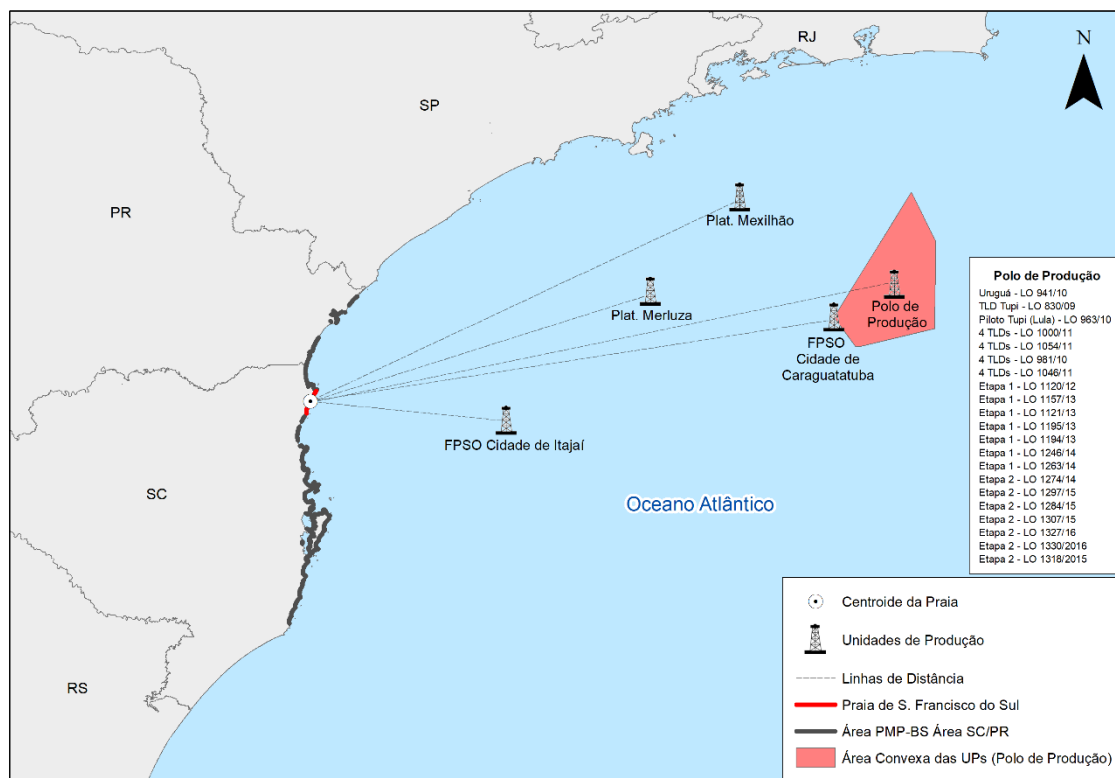
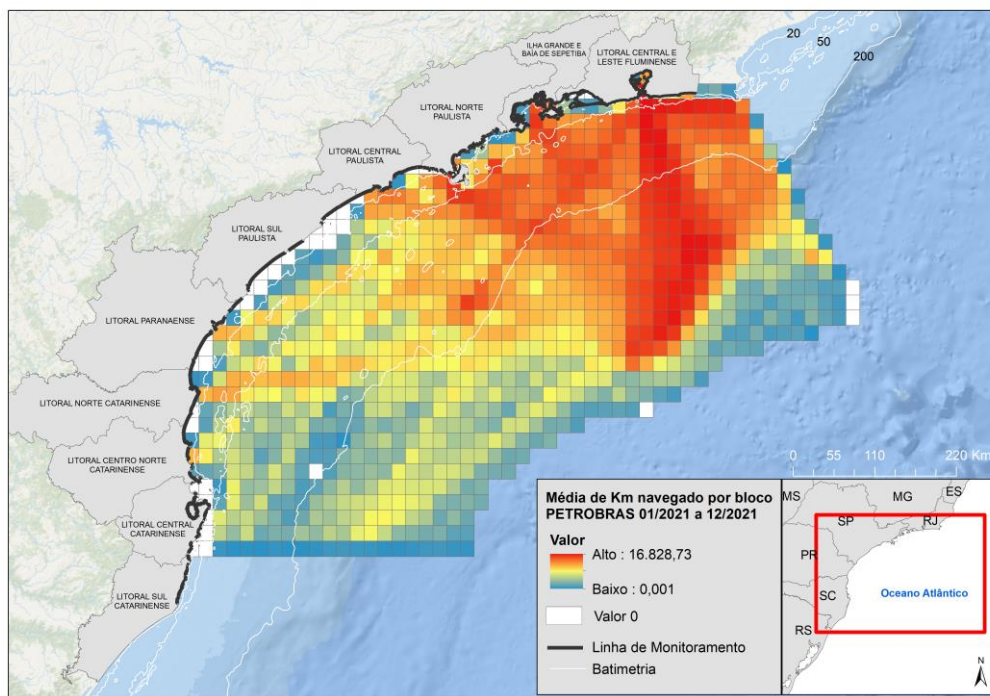
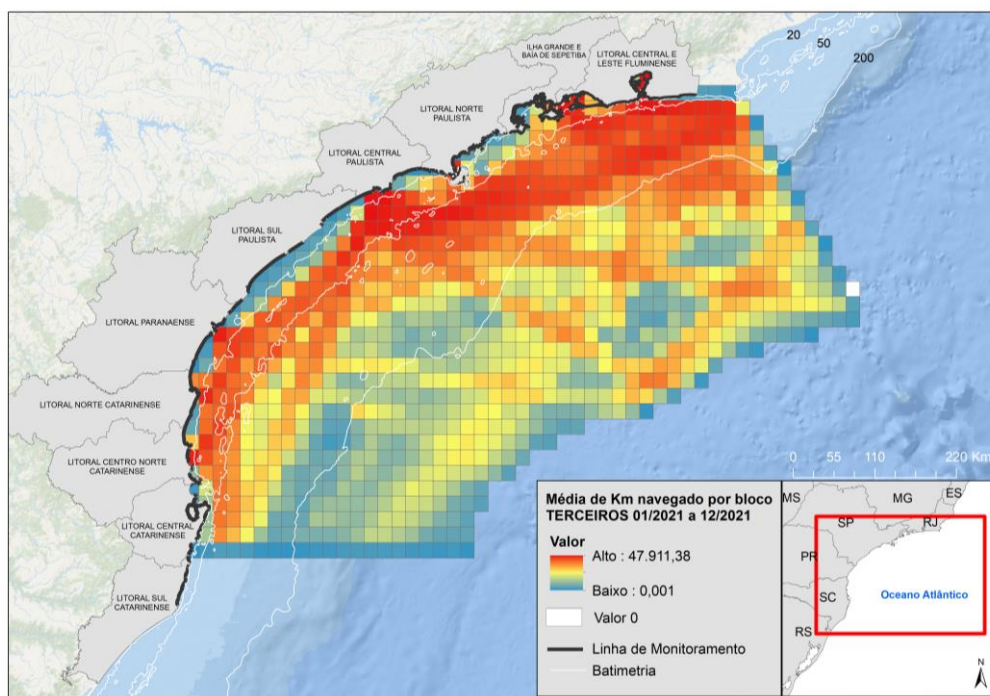


Figura V.1.1-2 – Exemplo de cálculo da distância da Praia de São Francisco do Sul às atividades de E&P na Bacia de Santos, sendo que o centro de maior intensidade de instalações de unidades de produção no Pólo Pré-sal está representado na “Área Convexa de UPs” (Polo de Produção).

Tráfego de embarcações: foram utilizados os resultados fornecidos pelo Projeto de Monitoramento do Tráfego de Embarcações (PMTE) que estimou o tráfego de embarcações da PETROBRAS e de terceiros que atuaram na região marinha adjacente à área monitorada pelo PMP-BS entre janeiro e dezembro de 2021, apresentados na Figura V.1.1-3. Foram utilizados os valores mensais de tráfego, quantificando a distância percorrida pelas embarcações dentro de quadrantes de 10' (aproximadamente 18,5 km) de lado. Não houve distinções entre os tipos de embarcações uma vez que nos dados fornecidos apenas as embarcações da PETROBRAS estavam categorizadas.



(A)



(B)

Figura V.1.1-3 – Mapas da média da intensidade de tráfego de embarcações para todo o período de janeiro a dezembro de 2021: (A) embarcações da PETROBRAS; (B) embarcações de terceiros. As cores representam a quantidade de metros navegados em cada quadrante em todo o período. Quadrantes em preto na figura B indicam valores extremamente altos (acima do dobro dos demais) que foram removidos da escala de cores.

Distância da praia a um porto comercial: foi calculada a distância linear do centróide da praia para o porto comercial mais próximo, de modo similar ao feito para a distância das atividades de E&P. Esta variável foi incluída pois portos comerciais tem o potencial de afetar a fauna (e.g. Muxika *et al.*, 2005; Barletta *et al.*, 2016) e, caso haja, este efeito precisaria ser identificado. Os seguintes portos foram considerados:

Rio de Janeiro

- Porto de Angra dos Reis
- Porto de Itaguaí (Sepetiba)
- Porto de Niterói

São Paulo

- Porto de Paranaguá
- Porto de Santos
- Porto de São Sebastião

Paraná

- Porto de Paranaguá
- Porto de São Francisco

Santa Catarina

- Porto de Imbituba
- Porto de Itajaí
- Porto de São Francisco do Sul

Área de influência portuária: foi estabelecido um raio de influência de 20 km no entorno da localidade dos portos, determinado através da amplitude e intensidade de tráfego de embarcações consultadas na página do *Marine Traffic*¹ (<http://www.marinetraffic.com>). As praias abrangidas pelo raio de influência foram categorizadas como AIP – Área de Influência Portuária, propondo que estas estariam mais suscetíveis a impactos antrópicos desta categoria. A localização dos portos foi obtida através da ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários.

¹ *Marine Traffic* é uma fornecedora mundial de rastreamento de navios e inteligência marítima que através de uma plataforma aberta fornece informações em tempo real sobre a movimentação de navios, que utiliza uma rede de estações receptoras de sinais de AIS, que transmite a localização das embarcações que possuem este sistema. Fonte: www.marinetraffic.com.

Tabela V.1.1-1 – Parâmetros utilizados nas análises dos padrões de encalhes.

Categoria	Parâmetro (fator/variável)	Tipo (unidade)
Praia	Comprimento não linear (variável)	Contínua (m)
	Comprimento linear (variável)	Contínua (m)
	Curvatura (variável)	0 – 1 (adimensional)
	Orientação (fator)	N – NW – W – SW – S – SE – E – NE
	Distância da quebra da plataforma (variável)	Contínua (m)
	ISL (fator)	1 – 10 (adimensional)
Antrópicos	Distância de porto (variável)	Contínua (m)
	Área de influência de porto (fator)	Sim – Não
	Tráfego de embarcações (variável: média/DP)	Contínua (m)*
Ambientais	TSM (variável: média/DP)	Contínua (°C)*
	Clorofila (variável: média/DP)	Contínua (µg/L)*
	Velocidade do vento (variável: média/DP)	Contínua (m/s)*†
	Direção do vento (variável: média/DP)	Contínua (graus)* †
	Altura de onda (variável: média/DP)	Contínua (m)*
	Direção do swell (variável: média/DP)	Contínua (graus)*

* Estratificadas por profundidade (0-20m, 20-50m, 50-200m).

† Separadas em zonal (u) e meridional (v),

V.1.2 Estratificação Espacial

Uma vez que existem variáveis que estão ligadas à região da plataforma continental adjacente às praias e não às praias em si, tais como temperatura superficial do mar, clorofila, intensidade do vento, altura significativa de ondas e tráfego de embarcações, foram estimados os valores médios destas variáveis em três estratos de profundidades diferentes (0-20 m, 20-50 m, 50-200 m). Esta separação buscou representar os valores existentes na zona costeira, na plataforma interna e da plataforma externa até o talude. Para delimitar a região marinha adjacente à cada mesorregião, foram traçadas linhas com 25° de inclinação para norte ou sul, respectivamente nos limites norte e sul de cada mesorregião, a partir da linha de base reta da costa (Figura V.1.2-1). Os valores destas variáveis foram calculados através do programa ArcGIS 10.2, utilizando-se mapas de intensidade do tráfego ou imagens de satélite, para extrair valores médios nos polígonos definidos pelas linhas delimitadoras das mesorregiões e pelas linhas batimétricas correspondentes.

Deste modo, para cada mesorregião foram gerados valores mensais para cada uma das variáveis referentes às faixas de 0-20 m, 20-50 m e 50-200 m, que foram aplicados a todas as praias de cada mesorregião naquele mês, e utilizados nas análises da variação espaço-temporal dos encalhes de tetrápodes marinhos (Figura V.1.2-1 a Figura V.1.2-3).

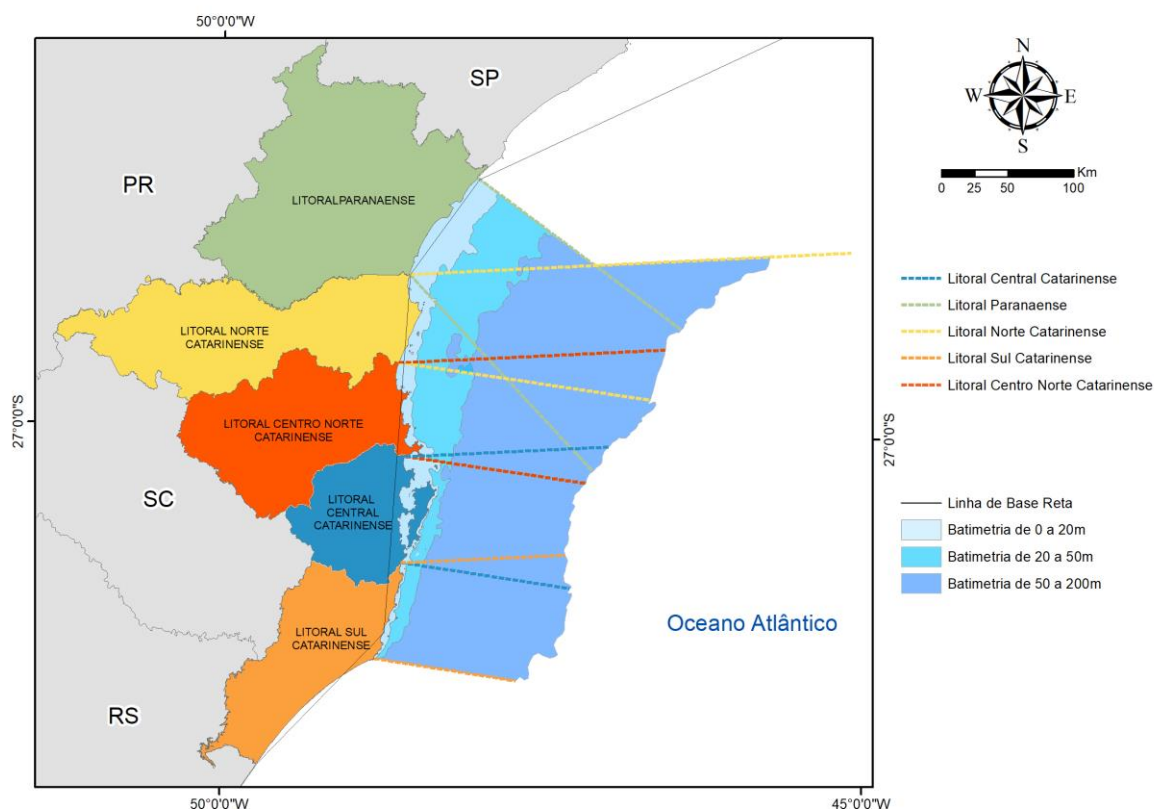


Figura V.1.2-1 – Áreas amostrais (mesorregiões) utilizadas para agrupar as praias para as análises e extensões dos limites das mesmas na plataforma adjacente para os estados de Santa Catarina e Paraná.

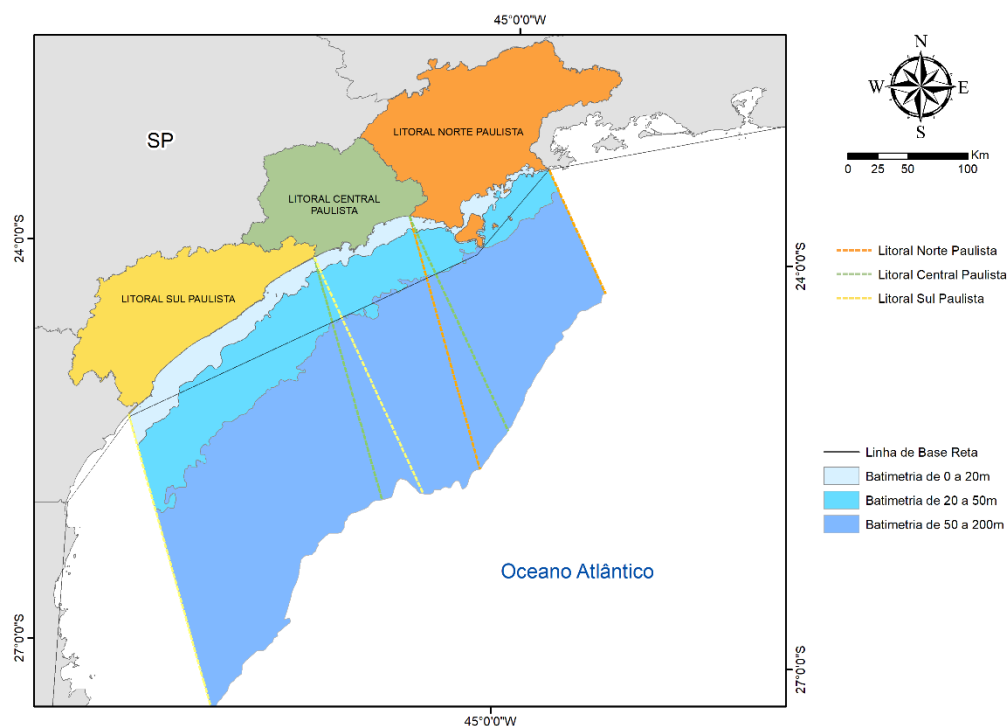


Figura V.1.2-2 – Áreas amostrais (mesorregiões) utilizadas para agrupar as praias para as análises e extensões dos limites das mesmas na plataforma adjacente para o estado de São Paulo.

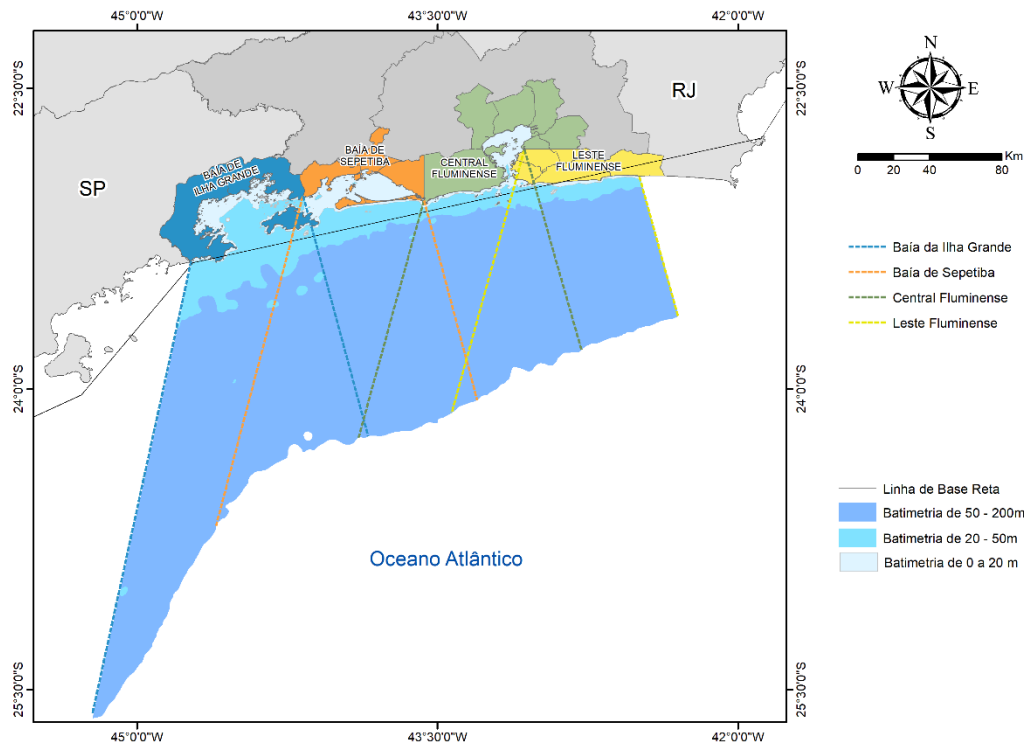


Figura V.1.2-3 – Áreas amostrais (mesorregiões) utilizadas para agrupar as praias para as análises e extensões dos limites das mesmas na plataforma adjacente para o estado do Rio de Janeiro.

V.1.3 Estratificação pelo habitat preferencial das espécies

As atividades envolvidas na produção e escoamento de petróleo e gás natural têm componentes que atuam na região costeira (tráfego de embarcações), e na região oceânica (tráfego de embarcações, geração de ruído e descarte de água produzida). Deste modo, para permitir a avaliação dos efeitos destas atividades sobre as diferentes espécies de tetrápodes marinhos, deve-se considerar o habitat preferencial de cada espécie. Espera-se que efeitos gerados pelas atividades distantes da costa sejam mais evidentes em espécies/populações que habitam ou despendem maior tempo naqueles locais, e vice-versa.

Portanto, nas análises do Índice de Saúde foram analisadas as informações sobre a distribuição das espécies alvo, conforme Anexo IX do Projeto Executivo Integrado do PMP-BS (apresentado no Anexo 01, Volume 3, deste relatório), sendo cada uma delas classificada de acordo com seu habitat preferencial: costeiro, oceânico ou costeiro/oceânico. Essa separação não foi utilizada nas análises dos encalhes pois na metodologia adotada neste relatório (ver abaixo) não foi necessário agrupar espécies.

Cabe ressaltar o fato de que dentre as espécies registradas pelo PMP-BS também existem espécies migratórias (ex. *Spheniscus magellanicus*, *Puffinus puffinus*), que por não utilizarem a área de estudo em grande parte de seu ciclo de vida, podem ser fortemente influenciadas por fatores externos à Bacia de Santos. Os resultados obtidos para estas espécies devem ser analisados com cautela, visto que podem refletir a influência de atividades antropogênicas realizadas em outras regiões, tais como o Atlântico Norte no caso de *P. puffinus* e a plataforma continental argentina para *S. magellanicus*.

V.1.4 Recorte temporal

Foram considerados para a análise espaço temporal integrada (padrão de encalhes e índice de saúde) apenas os dados obtidos a partir de 2017, que é o primeiro ano completo com dados do projeto para as Áreas de SC/PR, SP e RJ, uma vez que o monitoramento no Rio de Janeiro iniciou em setembro de 2016.

V.1.5 Análises Estatísticas

Padrões de Encalhes

Esta análise visou avaliar se há variação na composição de espécies bem como em suas respectivas abundâncias ao longo do espaço e tempo, e ainda sob influência das variáveis ambientais e antrópicas consideradas. Como para esta análise são utilizadas as abundâncias, foram utilizados somente dados gerados pelo monitoramento ativo diário, pois os acionamentos podem variar de acordo com a intensidade do uso das praias pela população. Do mesmo modo, como as praias têm extensões diferentes, o comprimento de cada uma foi usado como um "offset" nas análises. Uma vez que o objetivo é avaliar padrões de ocorrência, foram utilizados dados de encalhes tanto dos animais vivos quanto mortos, de qualquer condição de carcaça.

As análises da influência das variáveis ambientais e antrópicas nos padrões de encalhes foram feitas separadamente para cada classe: aves, tartarugas e mamíferos. O agrupamento das espécies dentro das classes naturalmente gera um maior "ruído" nos dados, pois os efeitos das variáveis antrópicas e ambientais podem ser diferentes para cada espécie, e mesmo dentro de uma espécie, entre diferentes classes etárias. Entretanto, caso houvesse a estratificação entre espécies e classes etárias, cada um destes estratos teria poucos exemplares, impossibilitando as análises.

Foi utilizada uma Análise de Redundância (RDA) para avaliar a relação da variabilidade dos encalhes com as variáveis ambientais e antrópicas. Em relatórios anteriores foi utilizada a Análise de Correspondência Canônica (CCA), que conceitualmente é similar à RDA. Em ambos os casos se busca modelar os efeitos de uma matriz explanatória (variáveis ambientais e antrópicas nas praias e áreas adjacentes) com relação a uma matriz de resposta (ocorrência de espécies nas praias). A principal diferença está em que a CCA considera as duas matrizes simétricas, enquanto na RDA a matriz resposta é dependente da matriz explanatória (Legendre e Legendre, 2012; QCBS, 2022).

Uma vez que em relatórios anteriores já se havia observado colinearidade nas variáveis estratificadas por profundidade, inicialmente foi feita uma análise

de correlação múltipla entre todas as variáveis ambientais e antrópicas que são estratificadas. Esta análise evidenciou uma vez mais uma alta colinearidade em todas as variáveis estratificadas por profundidade, tanto para os valores médios (Figura V.1.5-1), como para os desvios padrões (Figura V.1.5-2). Deste modo foram utilizados unicamente os valores do estrato mais próximo à costa (0–20 m) de cada uma, por se considerar que estes terão mais efeito nos encalhes.

Todas as variáveis ambientais e antrópicas foram então utilizadas na construção do modelo inicial, sendo mantidas no modelo final apenas as variáveis significativas ($p < 0,05$). Os valores do modelo completo são apresentados no *Apêndice 4 – Modelos Lineares Generalizados*.

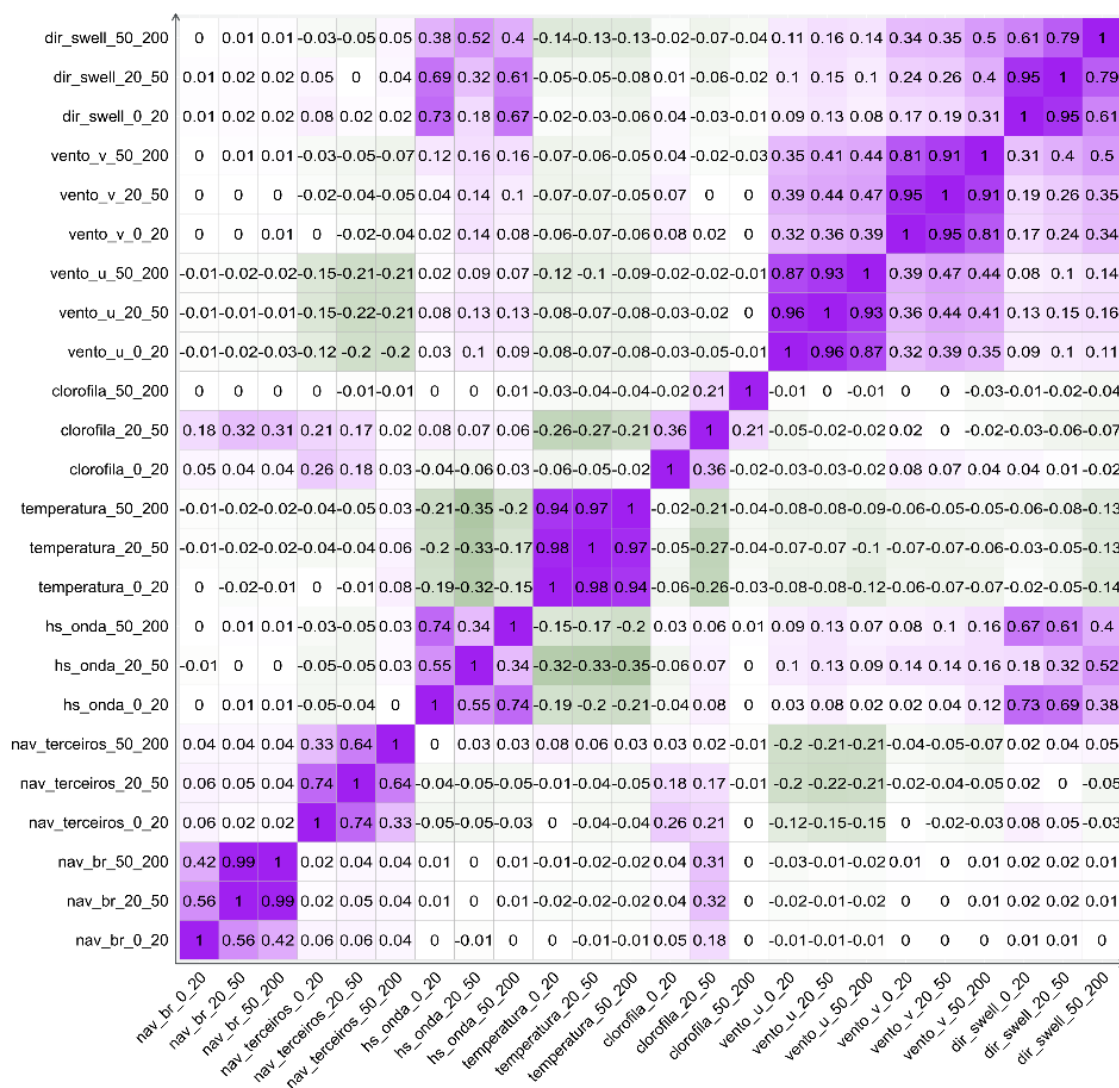


Figura V.1.5-1 – Correlograma entre os valores médios das variáveis ambientais e antrópicas estratificadas por profundidade, utilizadas na RDA. Tons de roxo indicam correlação positiva, tons de verde correlação negativa.

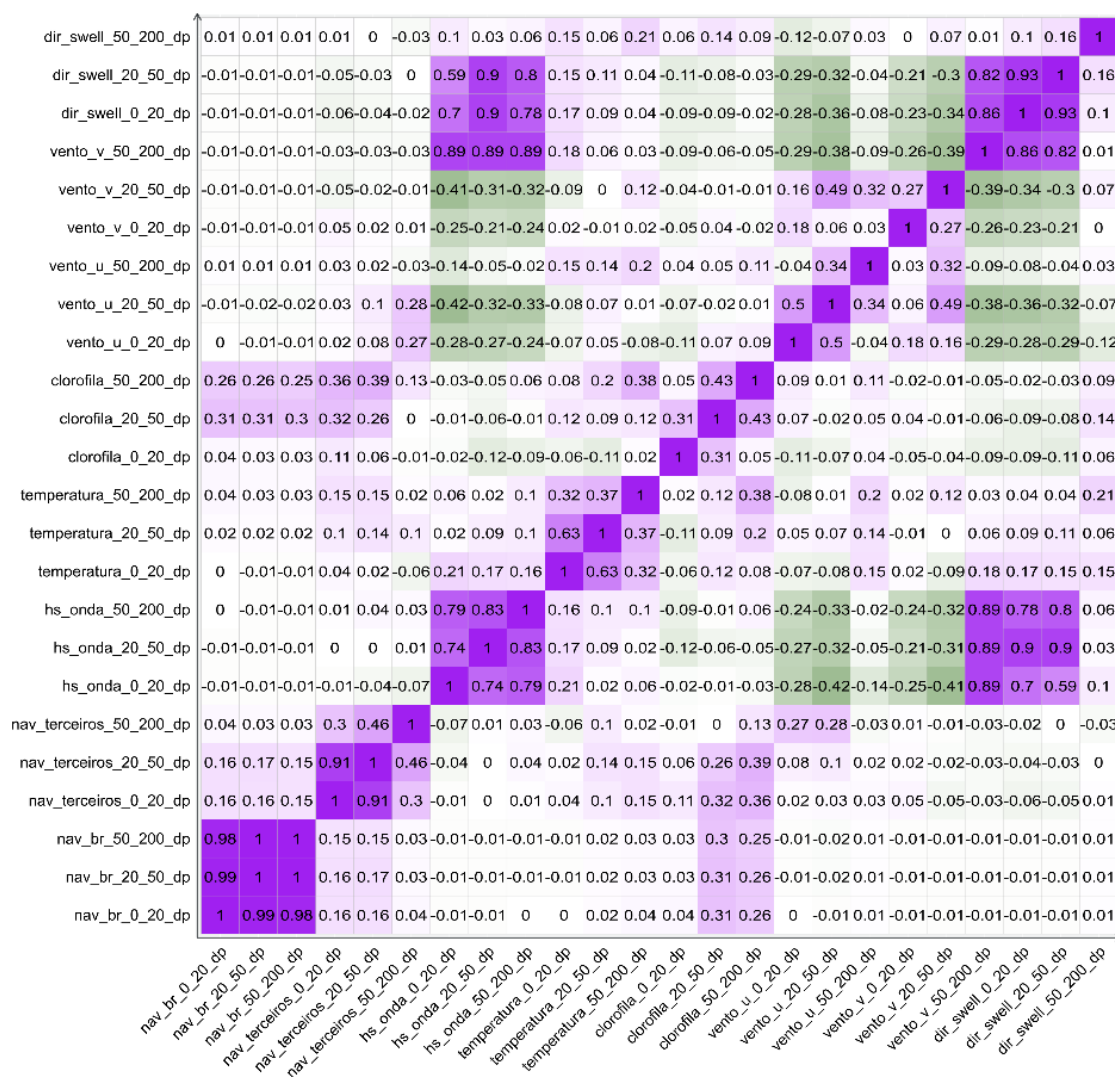


Figura V.1.5-2 – Correlograma entre os desvios padrões das variáveis ambientais e antrópicas estratificadas por profundidade, utilizadas na RDA. Tons de roxo indicam correlação positiva, tons de verde correlação negativa.

Índice de Saúde

Para esta análise foram utilizados todos os animais para os quais o Índice de Saúde (IS) pode ser calculado, independentemente da causa de morte, modo de registro (monitoramento ativo ou acionamento), ou de haver ou não interação antrópica. Para o cálculo do IS foram consideradas as necropsias realizadas em carcaças com código 2 e 3 de decomposição de todas as espécies, uma vez que estes exemplares são aqueles com melhor chance de se obter informações completas. De um modo geral, as carcaças mais frescas (código 2) apresentam melhores condições de se identificar os parâmetros necessários para o IS, mas carcaças em código 3 são encontradas em maior

quantidade, permitindo aumentar o tamanho da amostra. Entretanto foram utilizados somente os animais que não passaram por tratamento veterinário, por entendermos que a saúde do animal poderia ser afetada pelo tratamento em si. Como o objetivo da análise era avaliar toda a área atendida pelo PMP-BS, para evitar inconsistências nas análises se utilizou apenas dados de 2017 a 2021, uma vez que no Rio de Janeiro as atividades do PMP-BS começaram no segundo semestre de 2016.

Foi utilizada a análise de Modelos Lineares Generalizados (GLM), considerando como variável resposta o valor do IS e utilizando como fatores:

- Causa de morte (antrópica, natural, indeterminada, eutanásia);
- Habitat preferencial (costeiro, costeiro/oceânico, oceânico)
- Ano (2017 a 2021); e
- Local (mesorregião) de registro do animal.

As análises de Índice de Saúde foram feitas separadamente para cada classe: aves, tartarugas e mamíferos. O agrupamento das espécies dentro das classes naturalmente gera um maior “ruído” nos dados, pois possivelmente há diferenças no IS entre espécies de uma classe e mesmo dentro de uma espécie, entre diferentes classes etárias. Entretanto, caso houvesse a estratificação entre espécies e classes etárias, cada um destes estratos teria poucos exemplares, impossibilitando as análises.

V.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos a partir das metodologias descritas no item V.1 Metodologia de Análise, a fim de avaliar os padrões espaço-temporais dos encalhes, bem como a causa de morte e o índice de saúde dos tetrápodes marinhos registrados ao longo de toda área de abrangência do PMP-BS.

V.2.1 Padrões de Encalhes

A análise exploratória inicial das três classes, feita por meio de mapas de calor considerando os fatores ano, trimestre e mesorregião, evidenciou alguns padrões que já haviam sido discutidos em relatórios anteriores.

Para os dados de encalhes de aves se observa a grande quantidade de pinguins-de-Magalhães, *Spheniscus magellanicus*, registrada em 2018 (Figura V.2.1-1A), concentrada no 3º trimestre (Figura V.2.1-2A) e nas mesorregiões mais ao sul (Figura V.2.1-3A). Também fica evidente a sazonalidade de certas espécies como *Puffinus puffinus* e *Larus dominicanus*, e em menor intensidade *Sula leucogaster*, com maiores ocorrências no 3º e 4º trimestre (Figura V.2.1-2B). A alternância das abundâncias destas últimas duas espécies ao longo das mesorregiões também pode ser observada (Figura V.2.1-3B), com a abundância de uma aumentando enquanto a outra diminui.

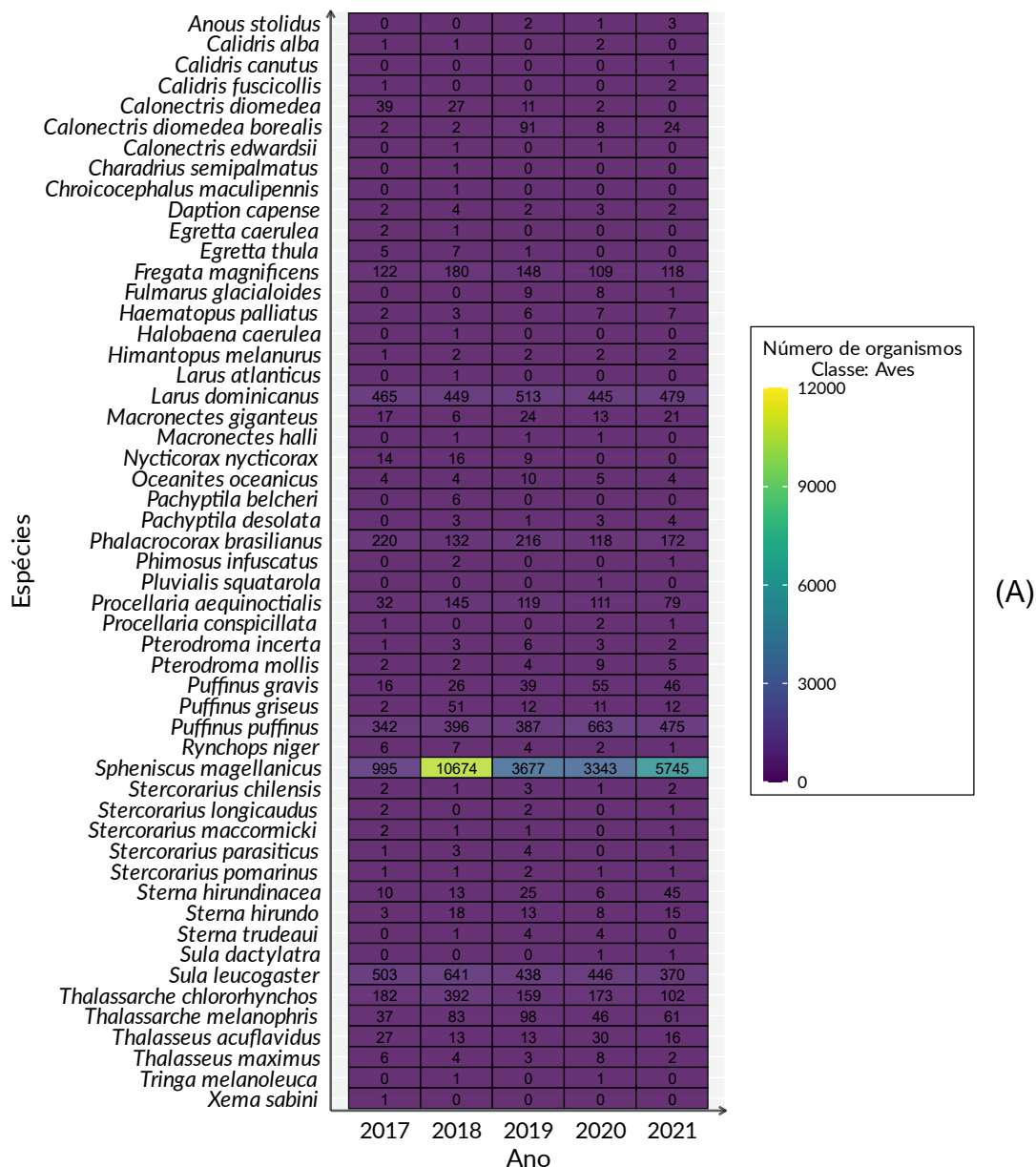


Figura V.2.1-1 – Mapa de calor da quantidade de exemplares de aves registradas por ano, (A) incluindo pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), e (B) sem incluir esta espécie.

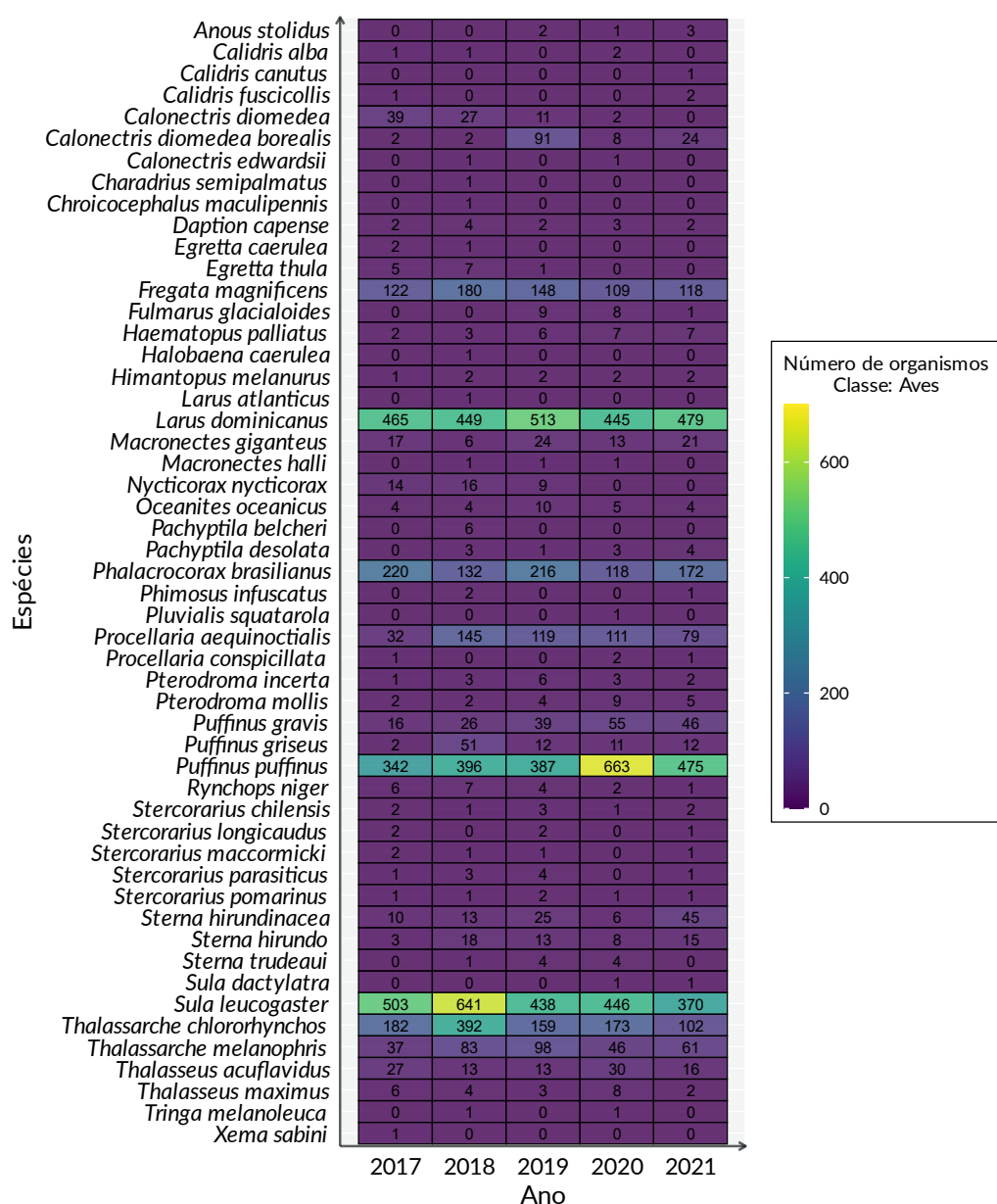


Figura V.2.1-1 (cont.)

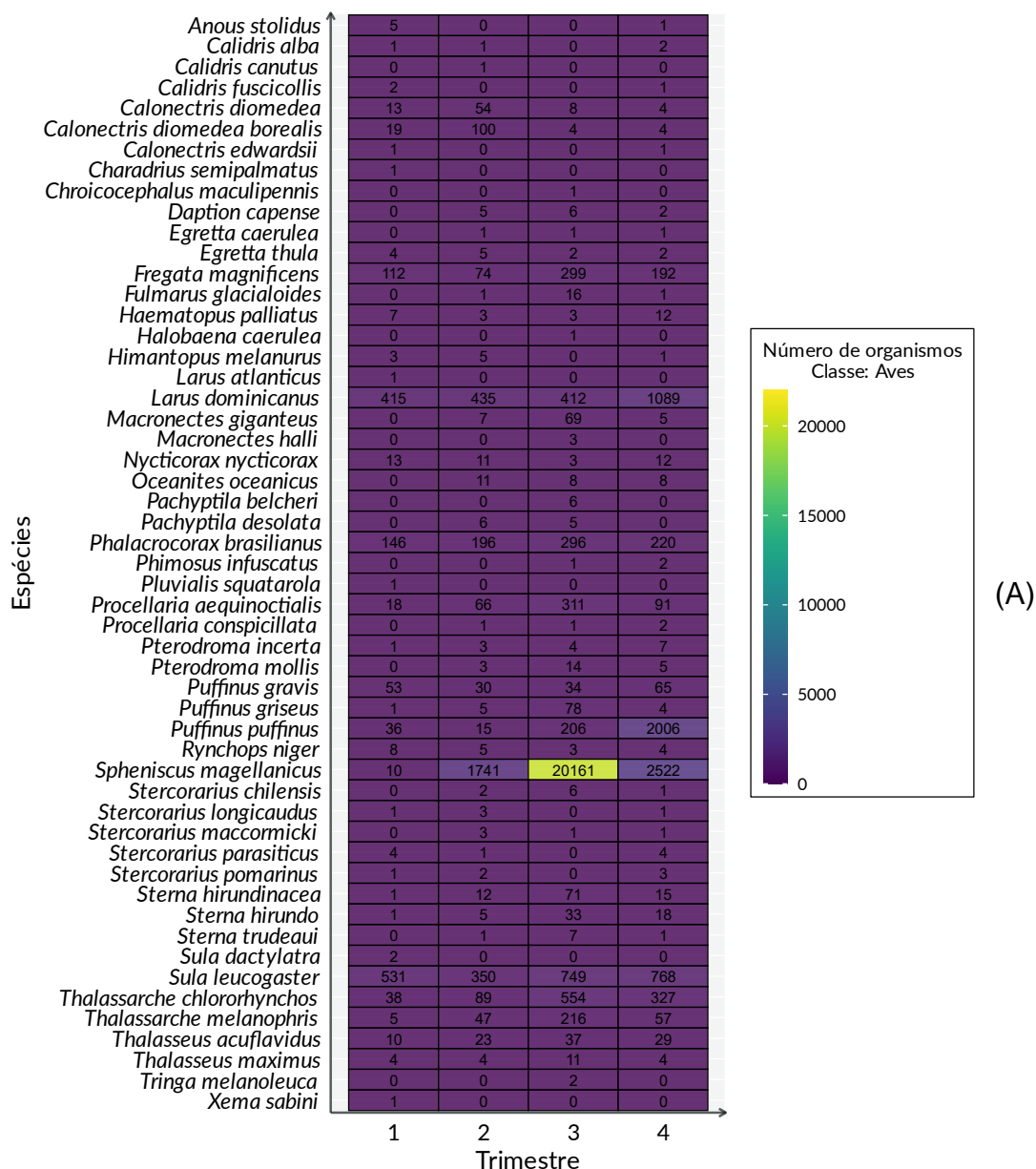
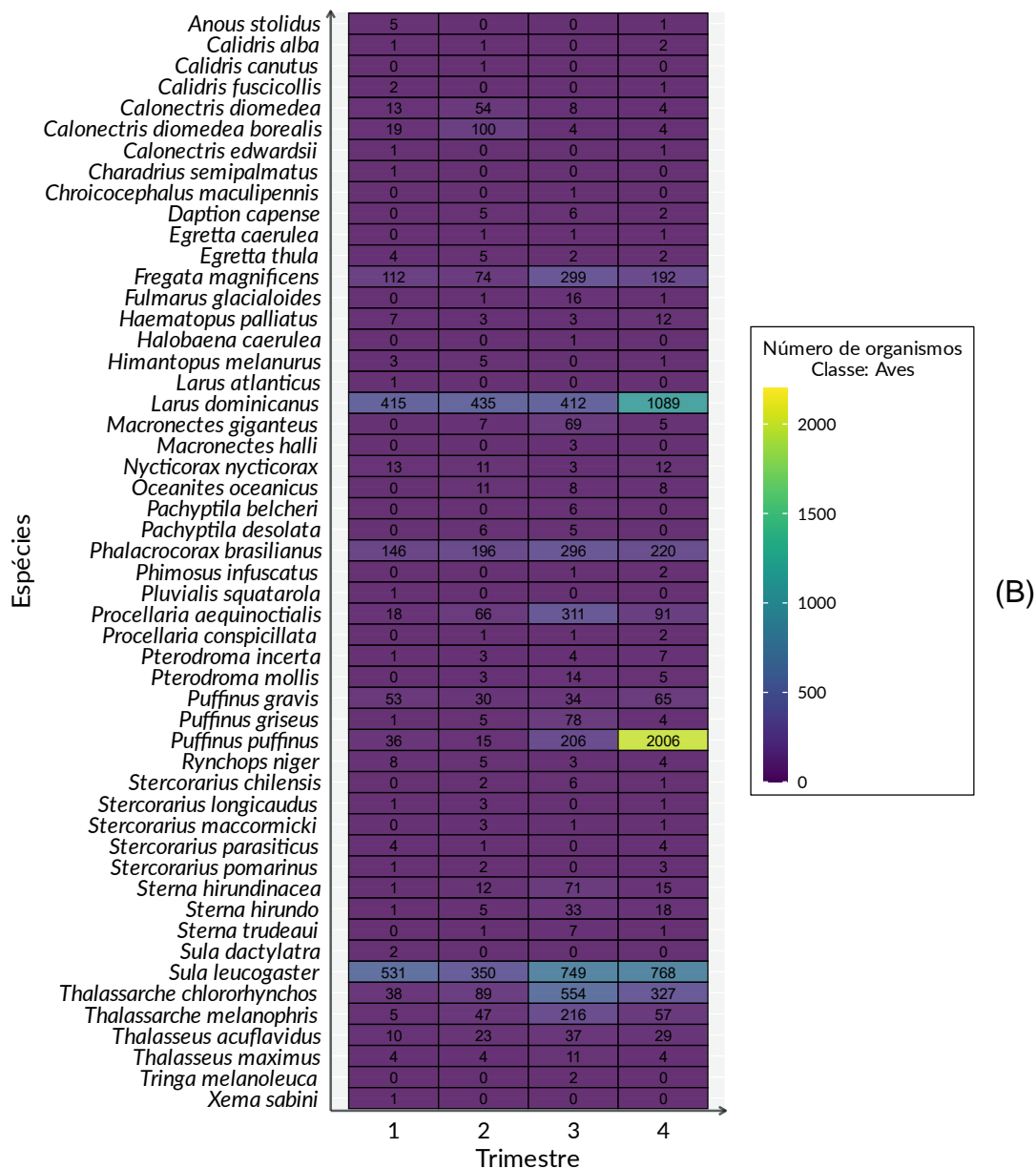


Figura V.2.1-2 – Mapa de calor da quantidade de exemplares de aves registradas por trimestre, (A) incluindo pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), e (B) sem incluir esta espécie.



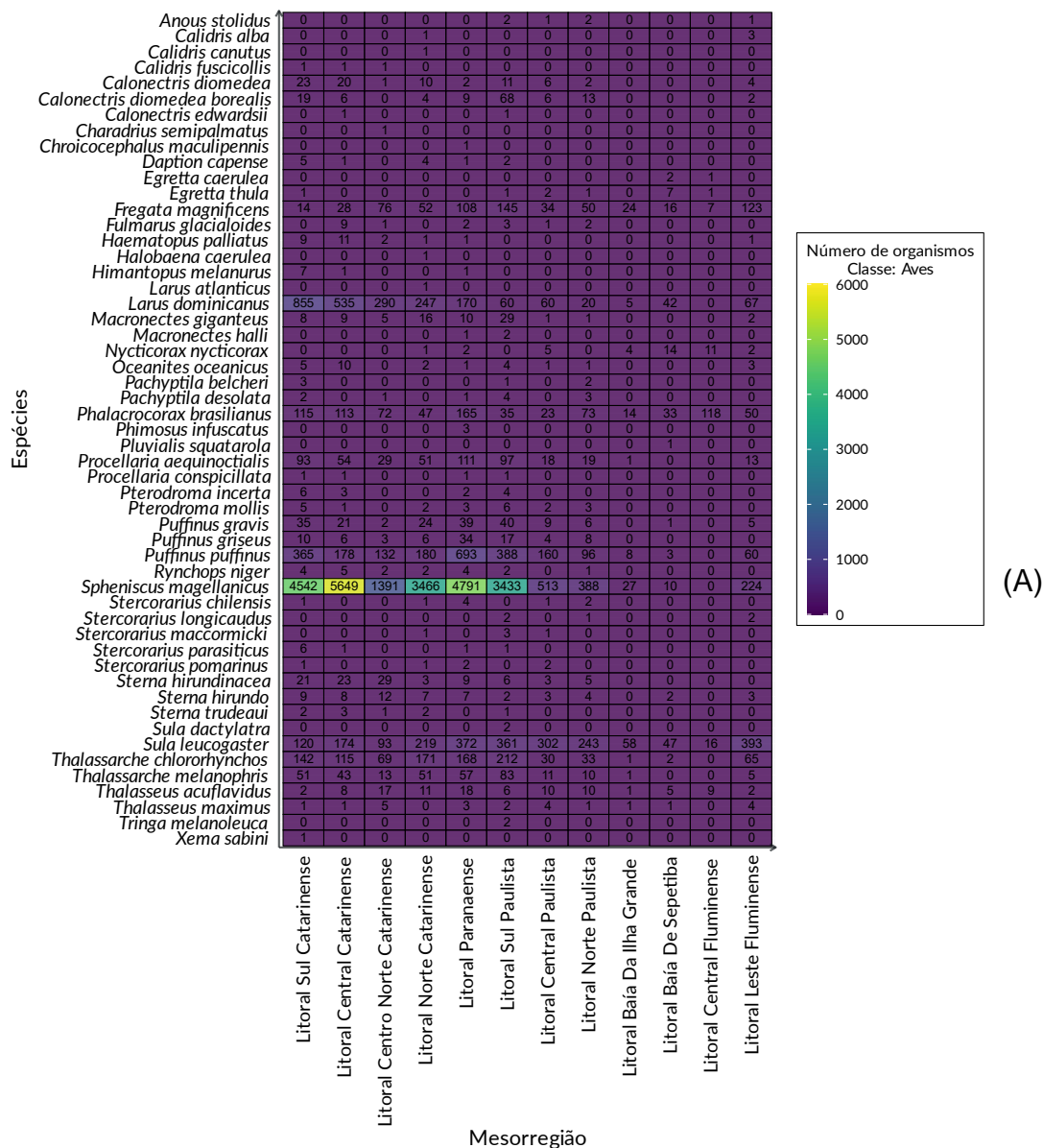
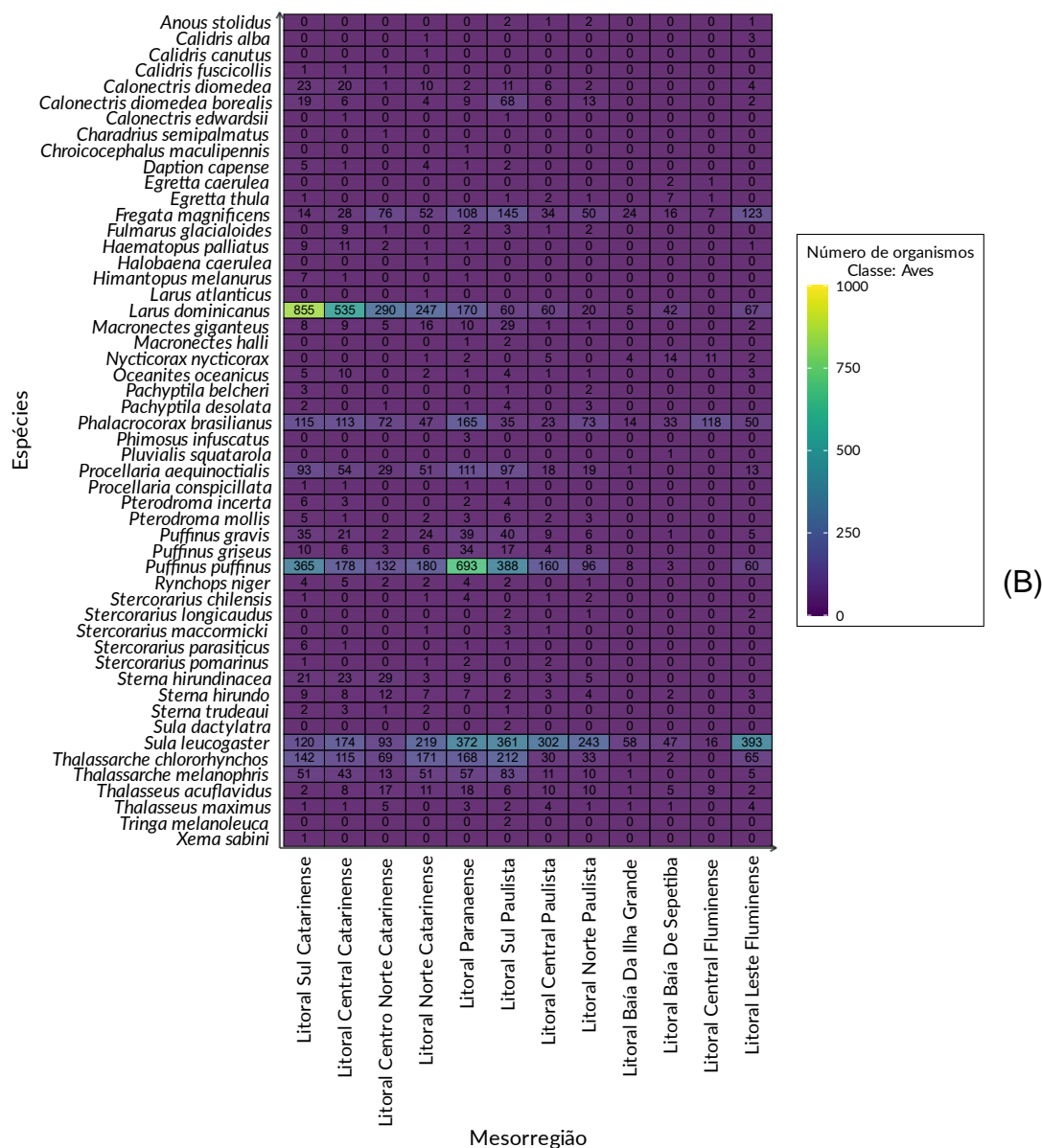


Figura V.2.1-3 – Mapa de calor da quantidade de exemplares de aves registradas por mesorregião, (A) incluindo pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), e (B) sem incluir esta espécie.

**Figura V.2.1-3 (cont.)**

No caso dos mamíferos também fica clara a predominância em termos numéricos da toninha, *Pontoporia blainvillei*, para todos os anos (Figura V.2.1-4A), mas com maior frequência no segundo semestre (Figura V.2.1-4B). A presença de lobos-marinhos-sulamericanos, *Arctocephalus australis*, também apresenta uma variação espacial marcante, sendo mais abundante nas mesorregiões mais ao sul (Figura V.2.1-5).

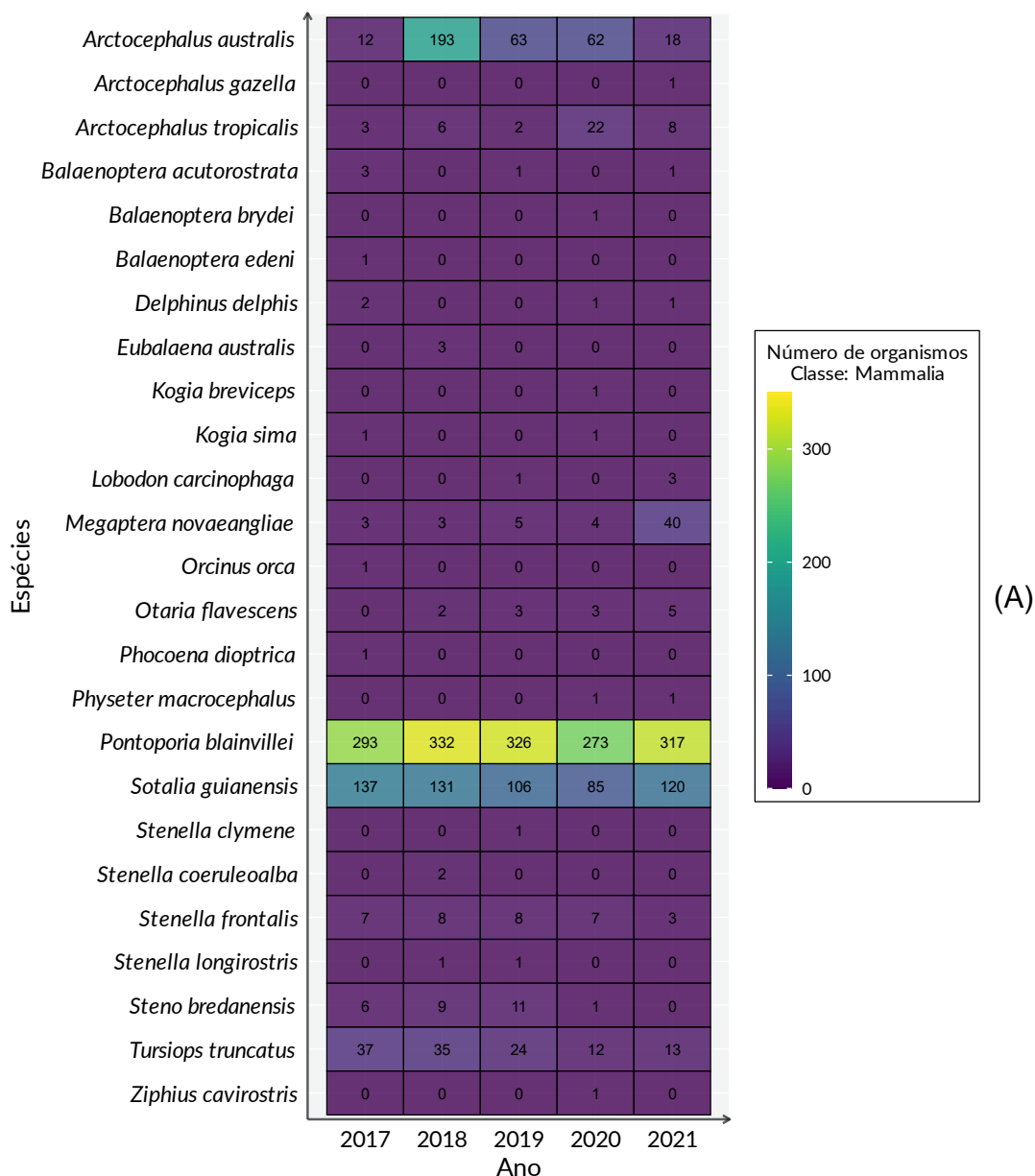


Figura V.2.1-4 – Mapa de calor da quantidade de exemplares de mamíferos registrados por (A) ano e (B) trimestre.

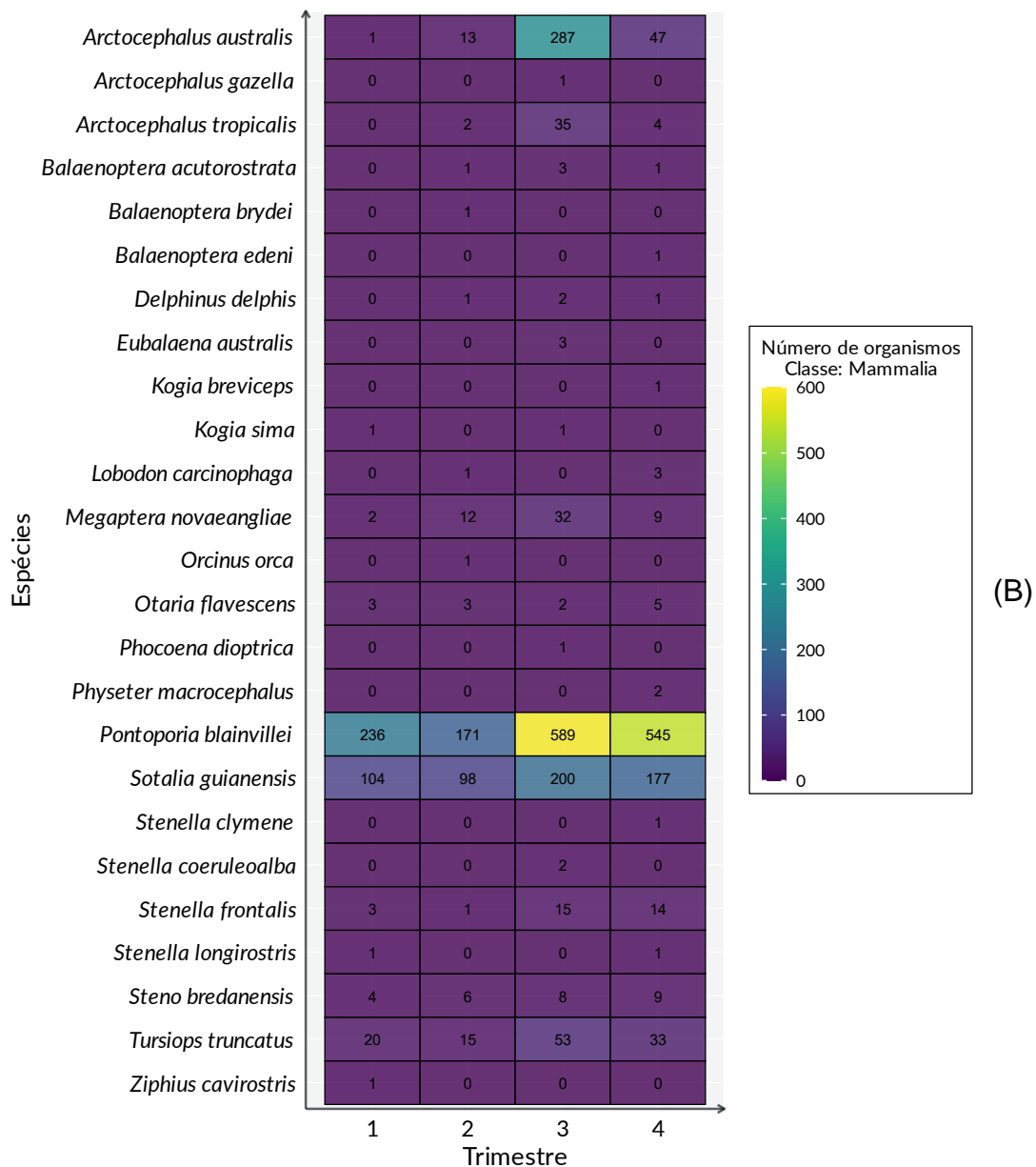


Figura V.2.1-4 (cont.)

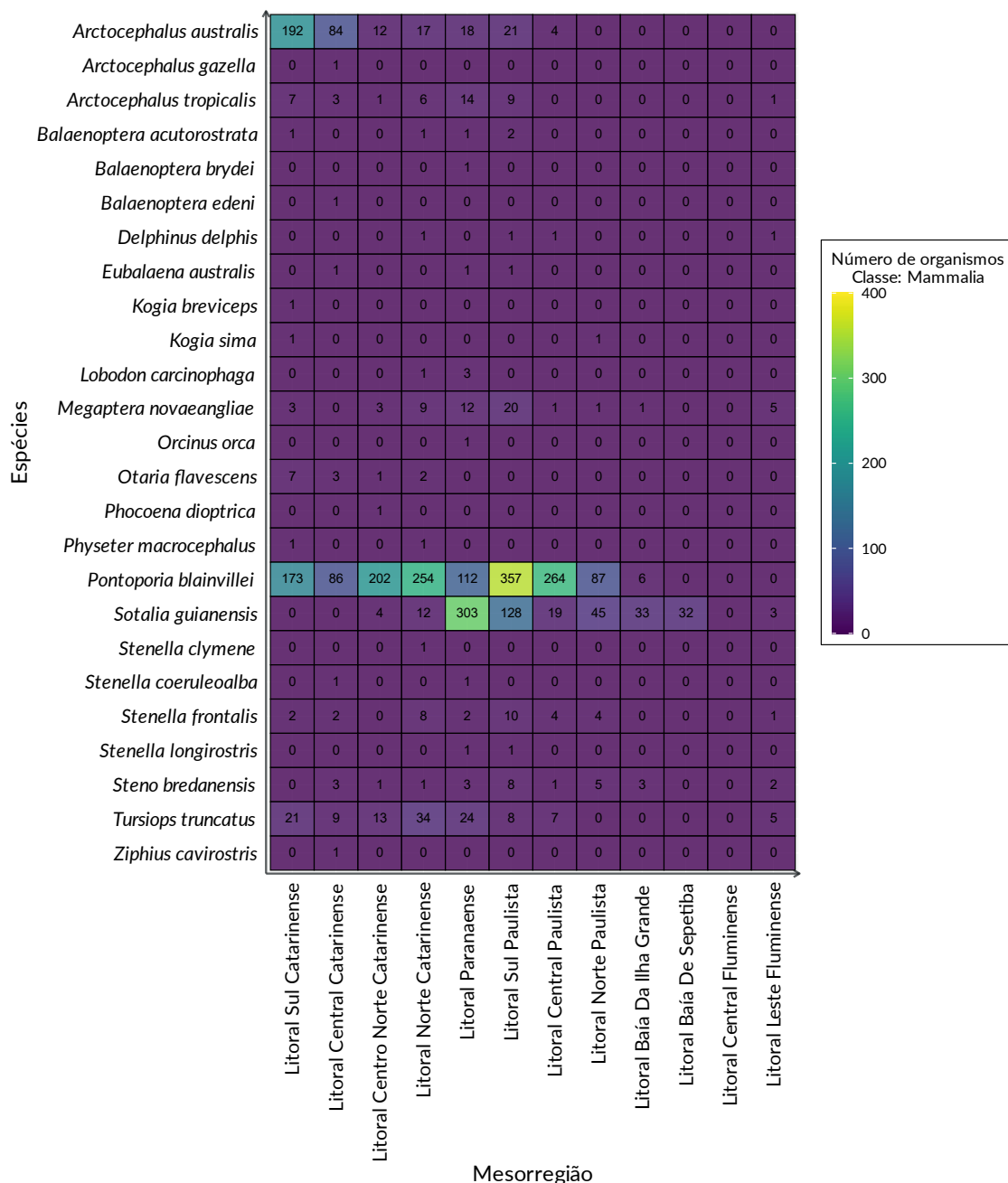


Figura V.2.1-5 – Mapa de calor da quantidade de exemplares de mamíferos registrados por mesorregião.

Para as tartarugas marinhas, a análise exploratória confirmou a predominância da tartaruga-verde, *Chelonia mydas* em todos os anos, mas mostrando claramente uma queda nestes números (Figura V.2.1-6A). Tanto esta espécie como a tartaruga-cabeçuda, *Caretta caretta*, e a tartaruga-oliva, *Lepydochelys olivacea*, mostram uma tendência de maior ocorrência no segundo semestre (Figura V.2.1-6B). Ao se olhar a variação espacial desta

última espécie, há um padrão de aumento tanto do sul como do norte, com um pico no Litoral Sul Paulista (Figura V.2.1-7), algo que ainda não havia sido observado em relatórios anteriores. Também pode-se observar uma maior ocorrência de *C. caretta* desta mesorregião até o Litoral Norte Catarinense.

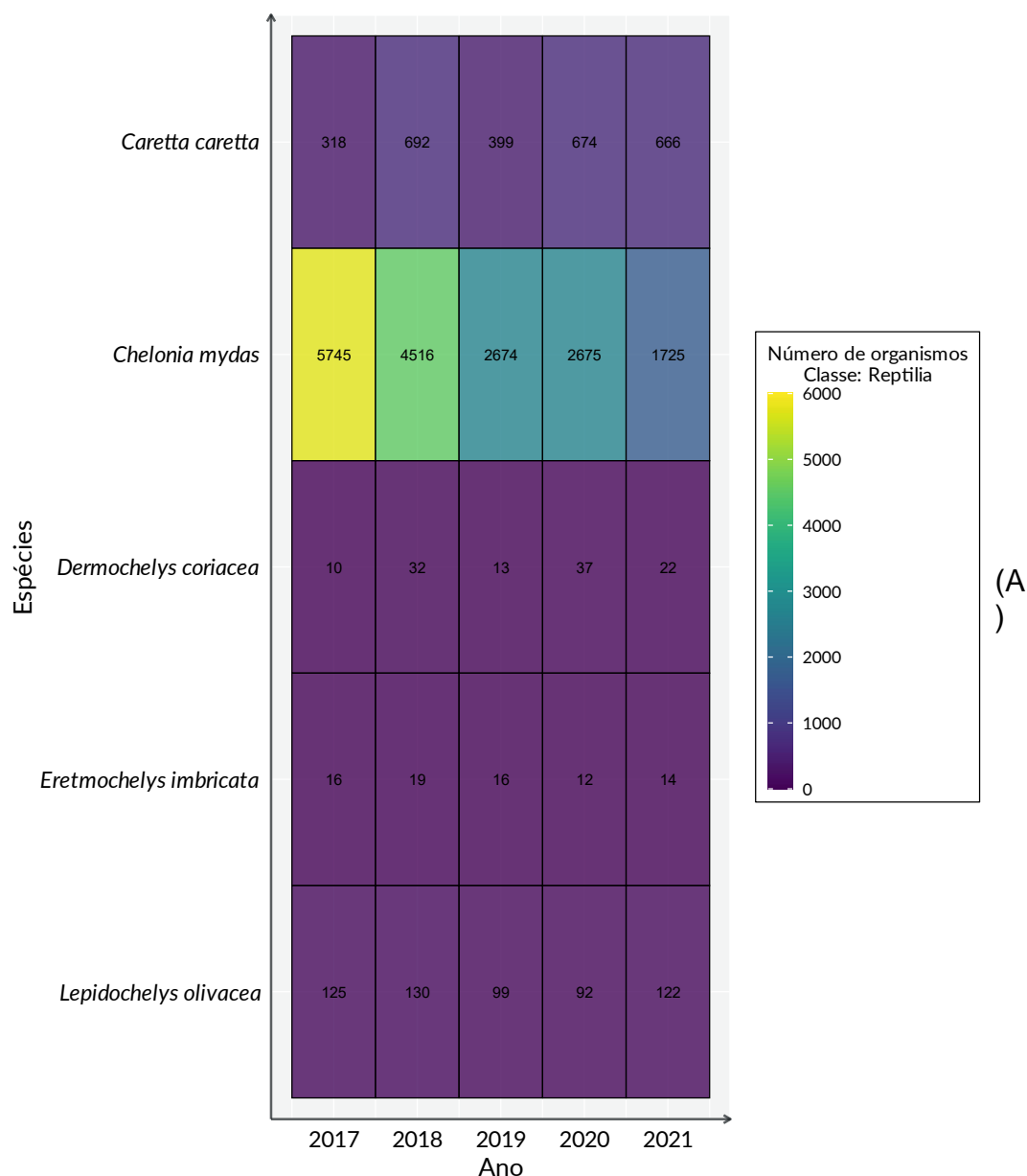


Figura V.2.1-6 – Mapa de calor da quantidade de exemplares de tartarugas marinhas registradas por (A) ano e (B) trimestre.

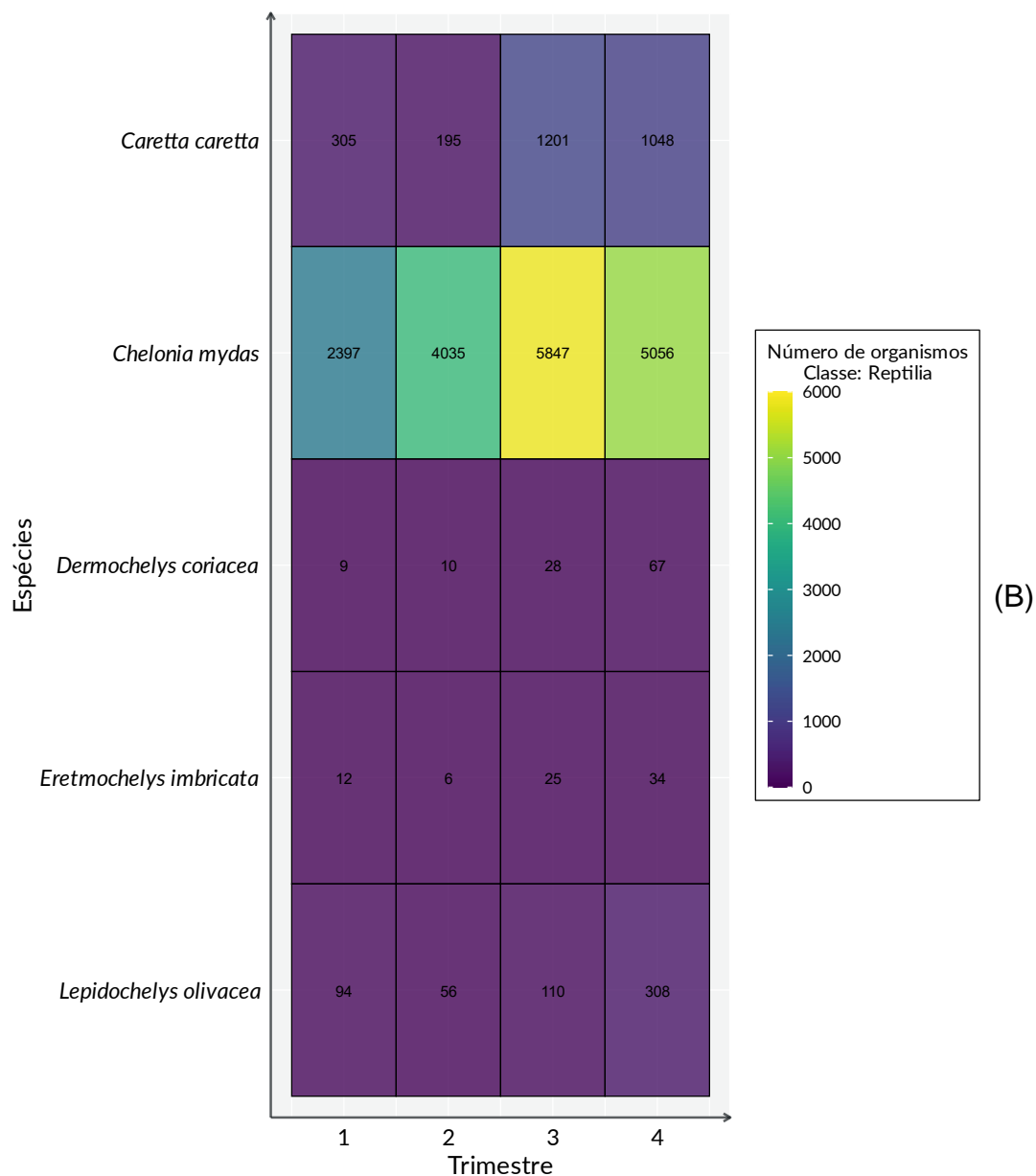


Figura V.2.1-6 (cont.)

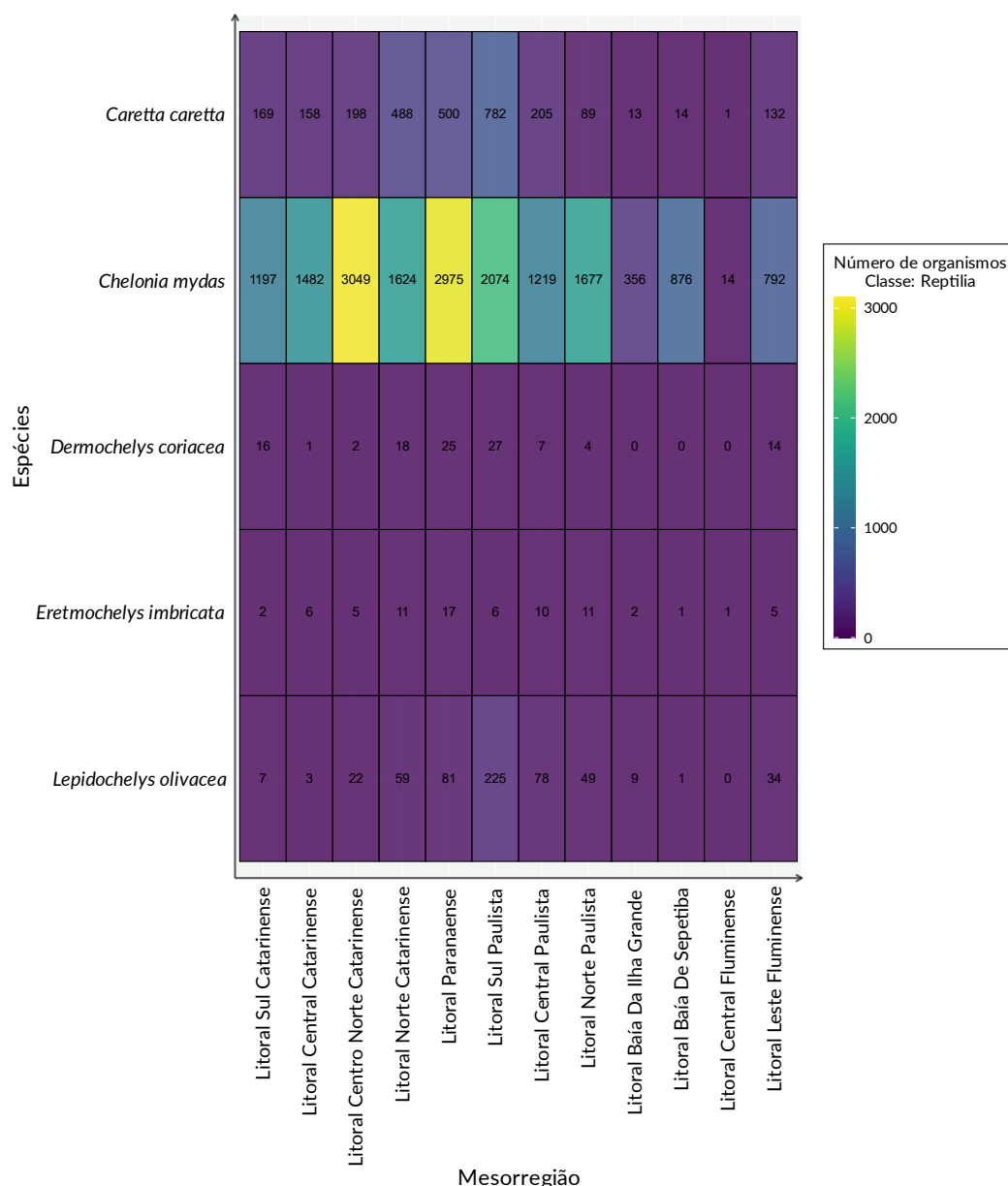


Figura V.2.1-7 – Mapa de calor da quantidade de exemplares de tartarugas marinhas registradas por mesorregião.

Aves

Nas aves os resultados da RDA apontaram significância para os fatores temporais – sazonalidade e ano, e espaciais – mesorregião, além das variáveis ambientais variação da “Direção do Swell”, variação da “Altura Significativa de Onda” e “Temperatura Superficial do Mar (TSM)”, e antrópica “Tráfego de Embarcações” da PETROBRAS (Tabela V.2.1-1). As demais variáveis ambientais e antrópicas não foram significativas para os encalhes de aves.

Tabela V.2.1-1 – Resumo do modelo final da análise de RDA para aves registradas pelo PMP-BS entre 2017 e 2021.

Parametro	G.L.	Variância	F	P-valor	R2
Fator (ano)	4	0,020616	4,4425	0,001	0,490
Fator (trimestre)	3	0,098868	28,4069	0,001	
Mesoregião	11	0,111315	8,7227	0,001	
Direção Swell (0-20m) DP	1	0,000902	0,7772	0,562	
Altura Sign. Onda (0-20m) DP	1	0,002274	1,96	0,063	
TSM (0-20m) média	1	0,005013	4,3207	0,002	
Tráfego Embarcações Petrobras (0-20m) média	1	0,002824	2,4346	0,027	
Residual	217	0,251751			

Dentre as variáveis ambientais, a temperatura, a variação da direção de ondas e a variação da altura de ondas apresentaram significância para Aves, com escores negativos para a última variável, em ambos os eixos e escores positivos na RDA1 e negativo na RDA2 para as duas primeiras (Figura V.2.1-8). A única variável antrópica que apresentou significância foi a média do tráfego de embarcações da Petrobras, com escores negativo na RDA1 e positivo na RDA2. Isso provavelmente está relacionado a um padrão espacial, pois se observa nas mesorregiões o Litoral Central Fluminense também apresenta altos valores positivos no RDA1, e nas áreas adjacentes a este é onde há maiores valores de tráfego de embarcações da PETROBRAS (Figura V.1.1-3A). Deste modo as mesorregiões ao sul da área de estudo (SC, PR e SP) posicionadas no quarto quadrante definem o padrão espacial corroborando o padrão das demais variáveis (Figura V.2.1-9). É interessante notar que as demais mesorregiões do Litoral Paulista intercalam com as do Rio de Janeiro nos segundo e terceiro quadrantes. Isto sugere uma similaridade nos padrões de encaixes destas mesorregiões.

Com relação à variação interanual a maior variação de valores está no eixo RDA2, aparentemente com maior influência da ocorrência de pinguins-de-Magalhães e de bobos-pequenos. Neste eixo os anos de 2018, 2020 e 2021 têm valores positivos, enquanto 2017 e 2019 negativos (Figura V.2.1-11). O ano de 2018 apresentou uma quantidade quase três vezes maior de pinguins do que nos demais anos, com 2021 estando em segundo lugar. Já 2017 e 2019 apresentaram os menores valores de ocorrência desta espécie (Figura V.2.1-1). Mas é interessante notar que os valores de carga para os dois eixos da variação interanual são baixos ($< 0,03$) quando comparados com os valores

dos trimestres ($> 0,1$), indicando que a variação sazonal tem efeitos mais fortes do que a interanual.

Quando são analisadas as espécies (Figura V.2.1-12), se observa que *S. magellanicus*, *S. leucogaster* e *F. magnificens* apresentam maiores valores no eixo RDA1, refletindo o padrão norte-sul também observado ao se analisar as mesorregiões (Figura V.2.1-9). Uma vez que *S. magellanicus* tem ocorrência principalmente no inverno é coerente que o 3º trimestre tenha apresentado cargas altas no eixo RDA1, em oposição à temperatura (Figura V.2.1-10). Por sua vez, *L. dominicanus*, *P. puffinus* e *P. brasilianus* apresentam os maiores valores no eixo RDA 2. Os valores negativos de *L. dominicanus* e *P. puffinus* neste eixo provavelmente foram causados por sua maior ocorrência no 4º trimestre, que também apresenta maiores cargas nesse eixo. As tabelas registrando tal processo analítico, estão no *Apêndice 5 - Análise de Redundância*.

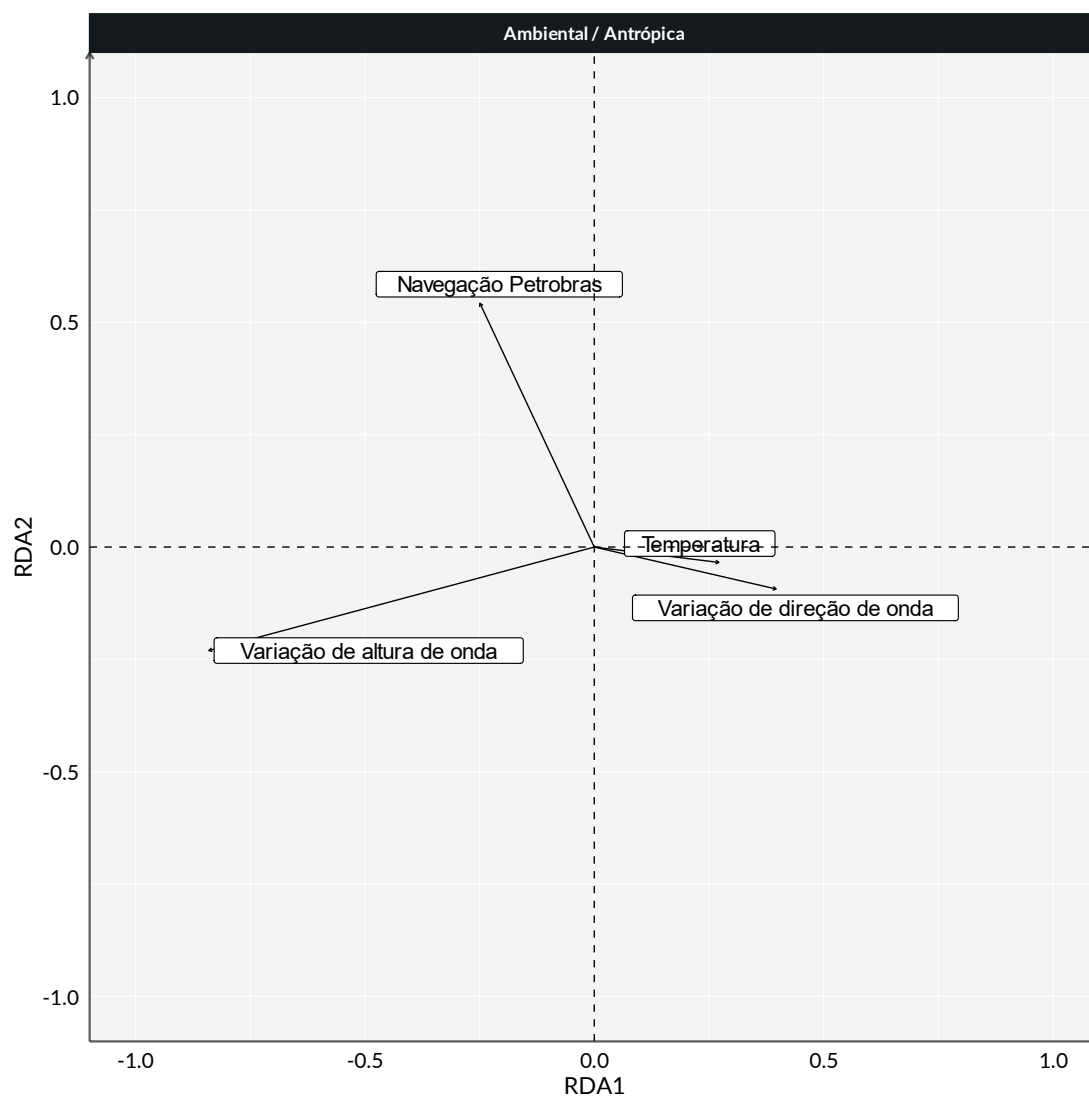


Figura V.2.1-8 – Resultados da RDA para aves: variáveis ambientais e antrópicas significativas.

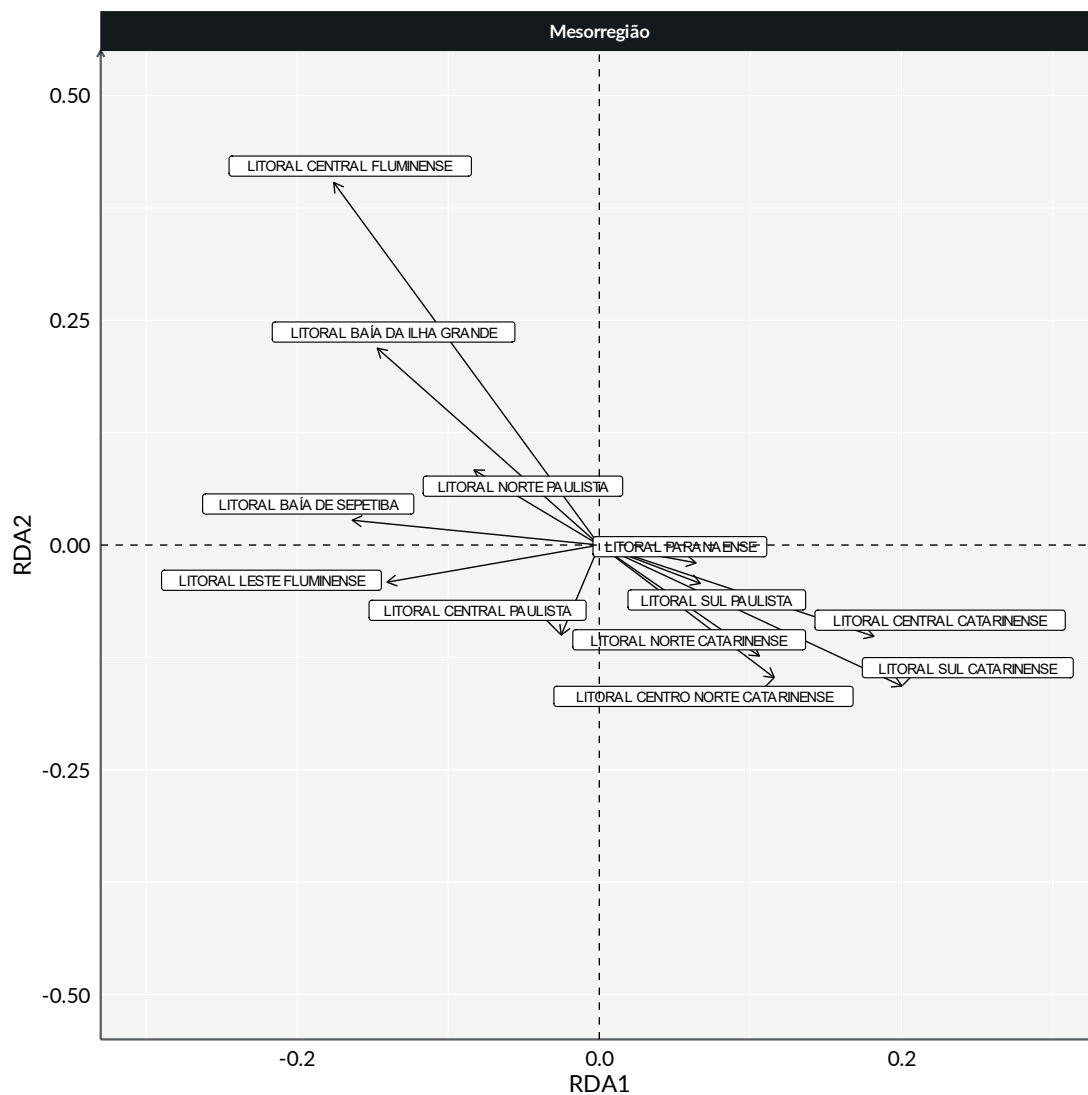


Figura V.2.1-9 – Resultados da RDA para aves: mesorregiões.

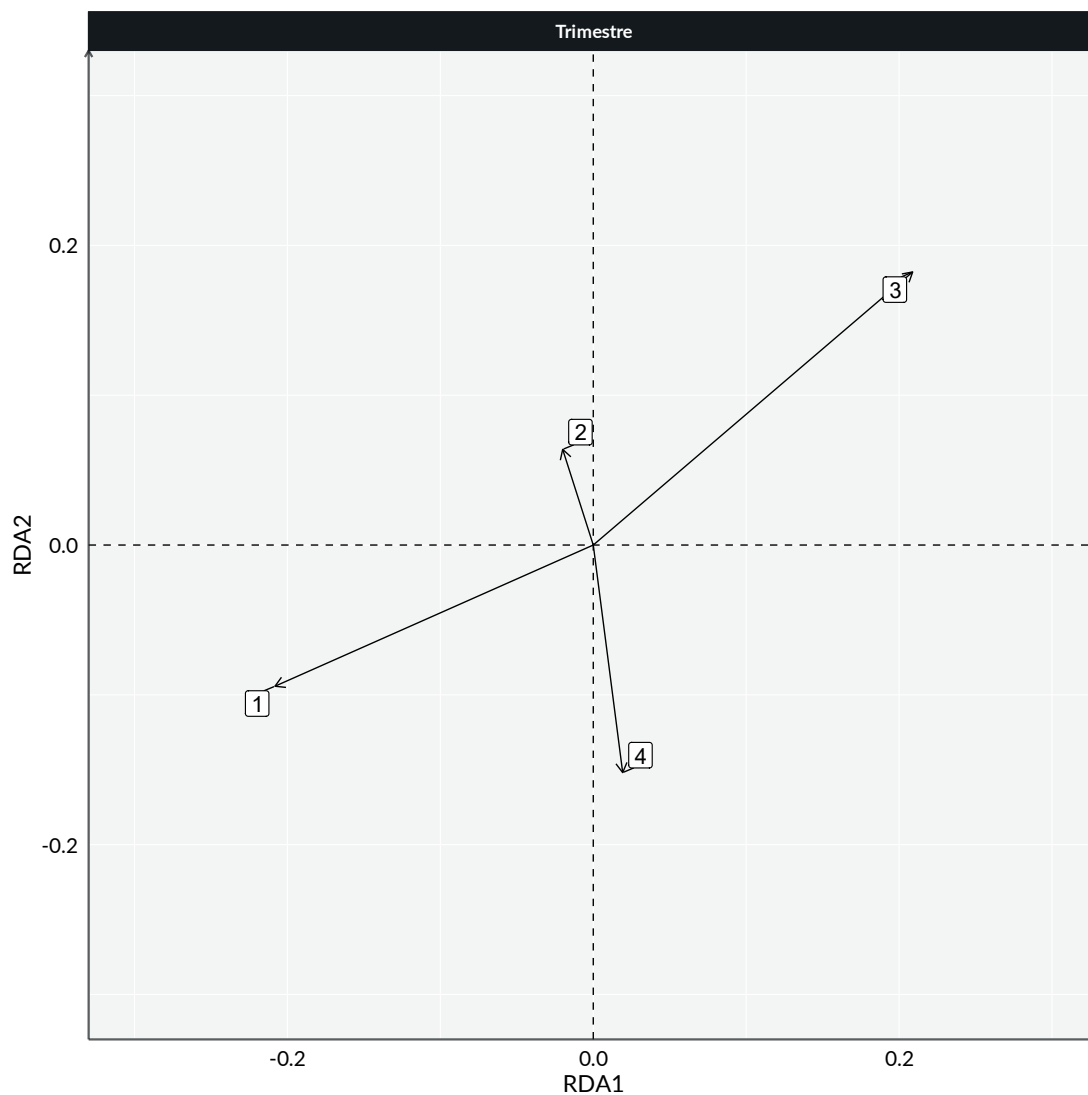


Figura V.2.1-10 – Resultados da RDA para aves: trimestres.

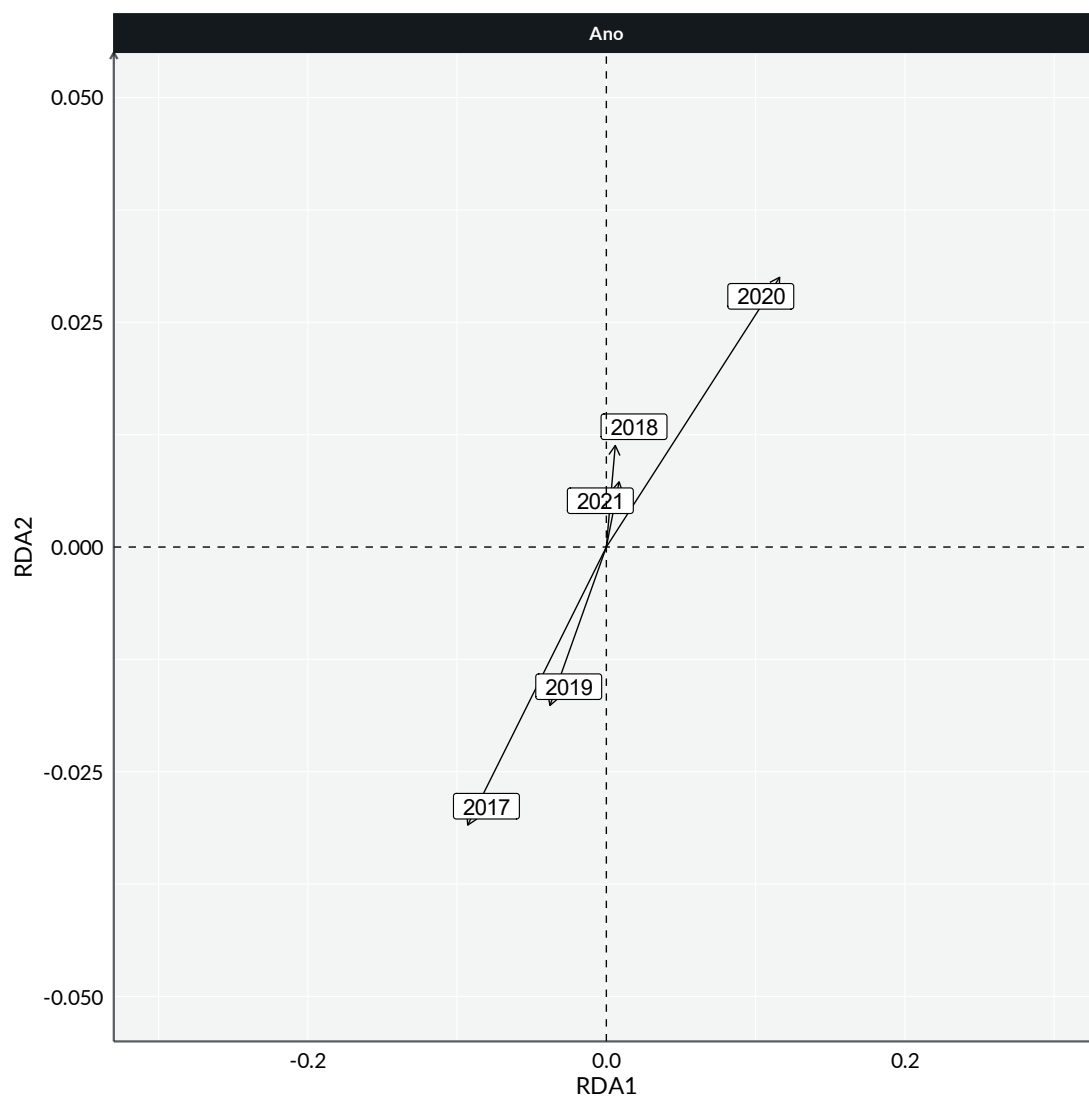


Figura V.2.1-11 – Resultados da RDA para aves: anos.

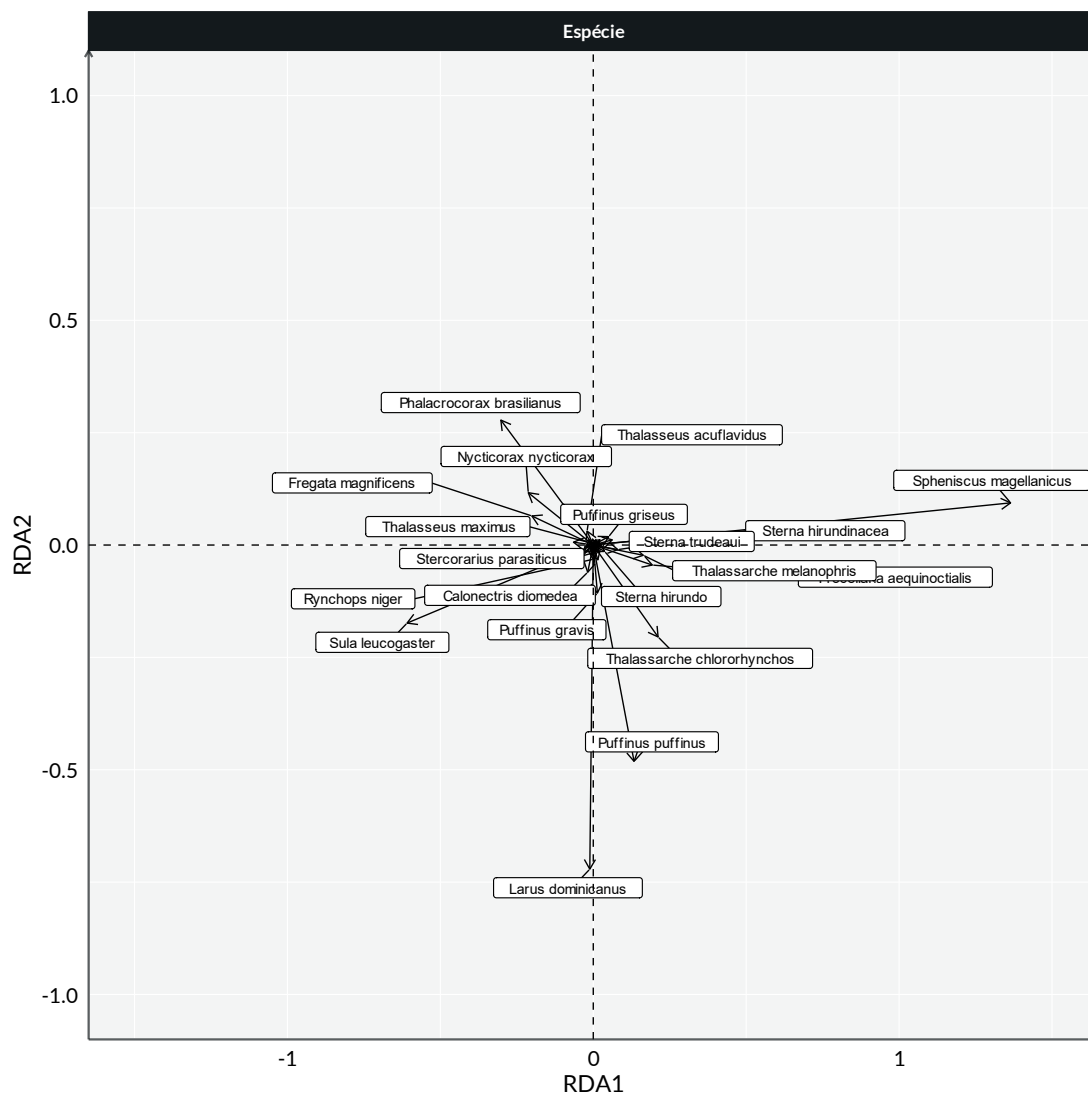


Figura V.2.1-12 – Resultados da RDA para aves: espécies.

Tartarugas Marinhas

Os resultados da RDA para as tartarugas marinhas, assim como para as aves, apontaram significância para os fatores temporais (sazonalidade e ano) e espaciais (mesorregião), além das variáveis ambientais TSM (média), clorofila-a (média e desvio padrão) (Tabela V.2.1-2). Dentre as variáveis antrópicas, foram significativas o tráfego de embarcações, tanto da Petrobras como de terceiros. As demais variáveis ambientais e antrópicas não foram significativas para os encalhes de tartarugas marinhas.

Tabela V.2.1-2 – Resumo do modelo final da análise de RDA para tartarugas marinhas registrados pelo PMP-BS entre 2017 e 2021.

Parametro	G.L.	Variância	F	P-valor	R2
Fator (ano)	4	0,009598	12,8165	0,001	0,645
Fator (trimestre)	3	0,004321	7,6938	0,001	
Messorregião	11	0,052839	25,6577	0,001	
Clorofila (0-20m) média	1	0,000544	2,9052	0,038	
Clorofila (0-20m) desv. pad.	1	0,000985	5,2598	0,006	
Temperatura(0-20m) média	1	0,00113	6,036	0,003	
Tráfego Embarcações Petrobras (0-20m) média	1	0,004087	21,8283	0,001	
Tráfego Embarcações Terceiros (0-20m) média	1	0,000549	2,9345	0,029	
Residual	216	0,040439			

Para as tartarugas marinhas as variáveis ambientais Clorofila-a (média e desvio padrão) e média da Temperatura Superficial do Mar, e as variáveis antrópicas média do Tráfego de Embarcações da Petrobras e média do Tráfego de Embarcações Terceiros ficaram todas posicionadas no segundo quadrante, com maiores cargas no eixo RDA1 (Figura V.2.1-13). Em termos espaciais, os escores obtidos para as mesorregiões no eixo RDA1 são relativamente baixos, excetuando o Litoral Central Fluminense ocupando o terceiro quadrante, enquanto as demais se distribuíram ao longo do eixo RDA2, destacando-se com os maiores escores o Litoral Baía de Sepetiba e Baía de Ilha Grande positivamente, e Litoral Sul Paulista e Norte Catarinense (Figura V.2.1-14). Em termos sazonais, o verão (Trimestre 1) ficou posicionado no sentido negativo do eixo RDA1 (Figura V.2.1-15) corroborando o resultado da variável ambiental temperatura, analogamente ao que foi observado para aves. Já o inverno (Trimestre 3) e a primavera (Trimestre 4) apresentaram valores positivos, sugerindo padrões de encalhes semelhantes de tartarugas marinhas nestas duas estações. Ao longo dos anos, 2017 e 2018 se posicionaram no primeiro quadrante, enquanto 2020 e 2021 se posicionaram no terceiro (Figura V.2.1-16) apresentando os maiores escores principalmente no eixo RDA1. As espécies *C. midas* e *C. caretta* apresentaram os maiores escores em ambos os eixos, se posicionando nos primeiro e quarto quadrantes, respectivamente (Figura V.2.1-17), refletindo a mudança de abundância de ambas as espécies entre as mesorregiões.

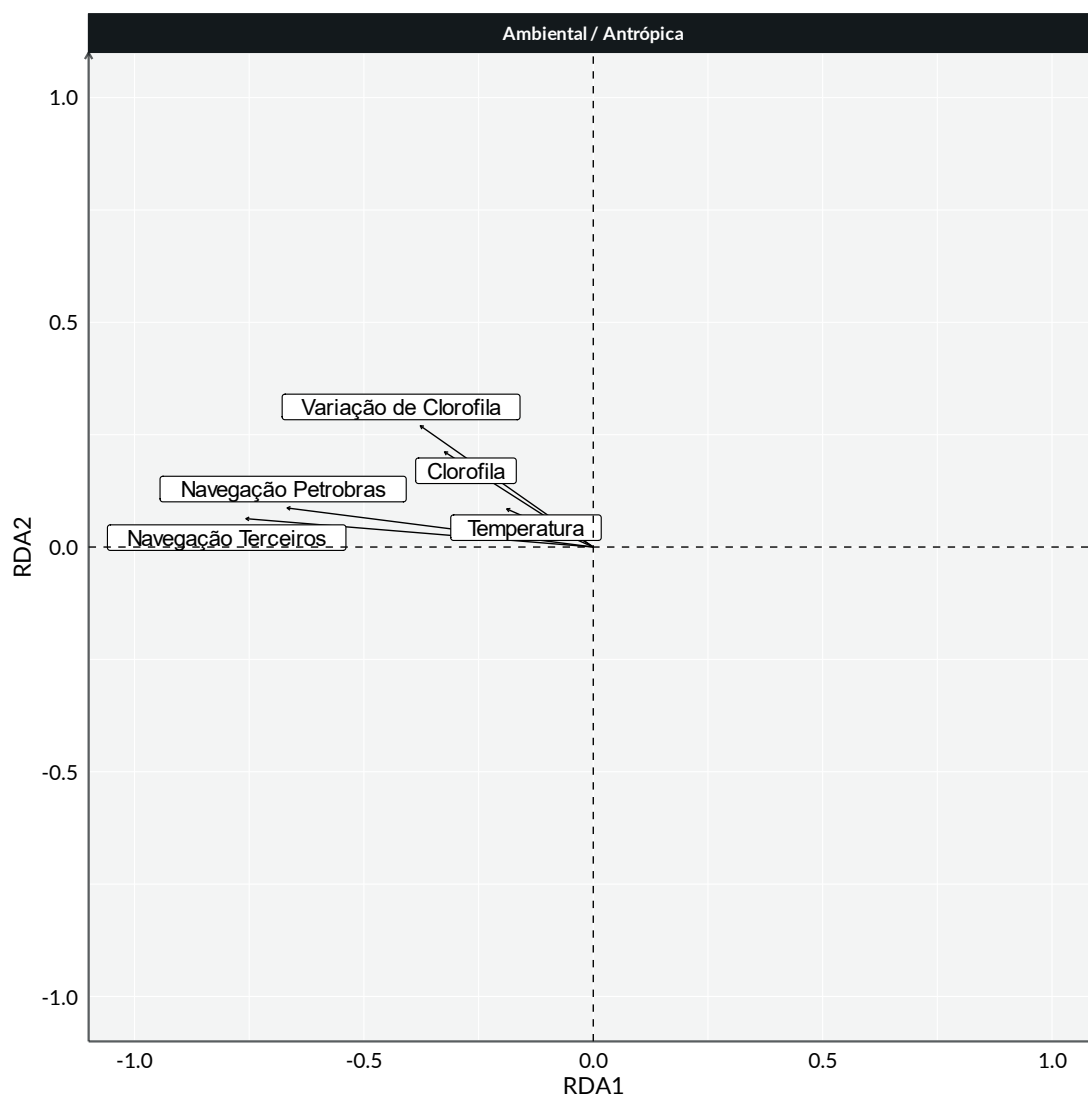


Figura V.2.1-13 – Resultados da RDA para tartarugas marinhas: variáveis ambientais e antrópicas significativas.

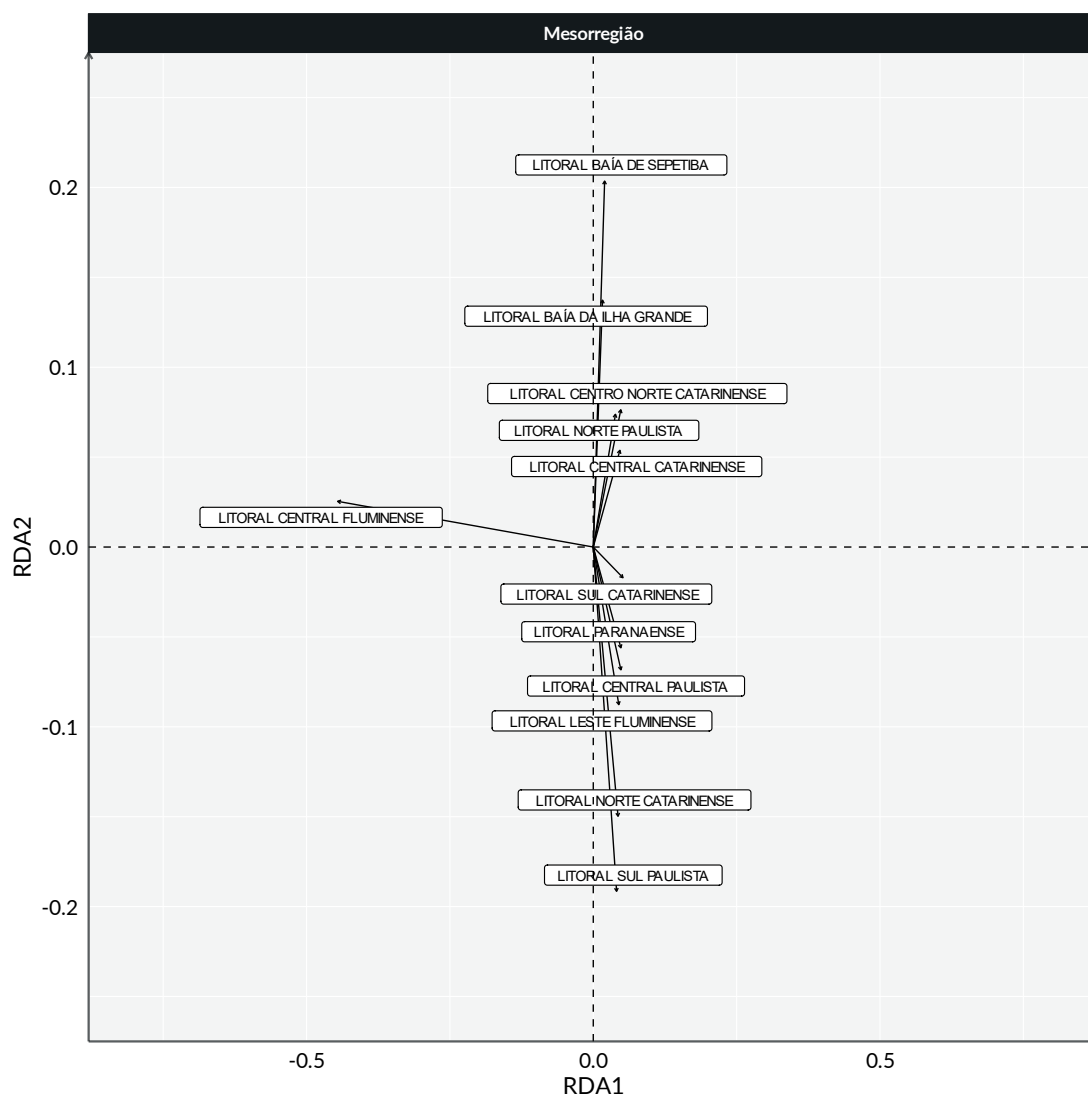


Figura V.2.1-14 – Resultados da RDA para tartarugas marinhas: mesorregiões.

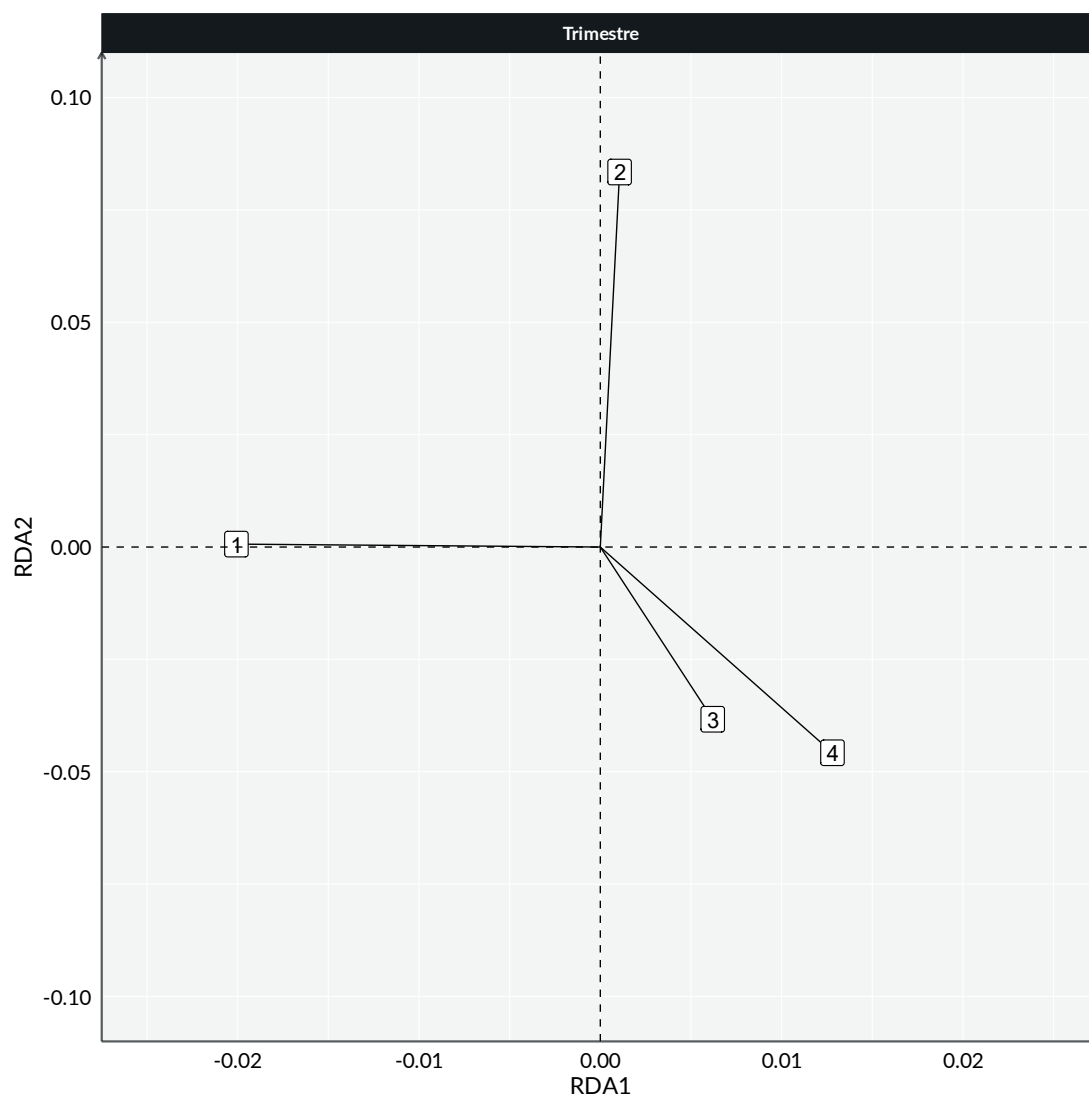


Figura V.2.1-15 – Resultados da RDA para tartarugas marinhas: trimestres.

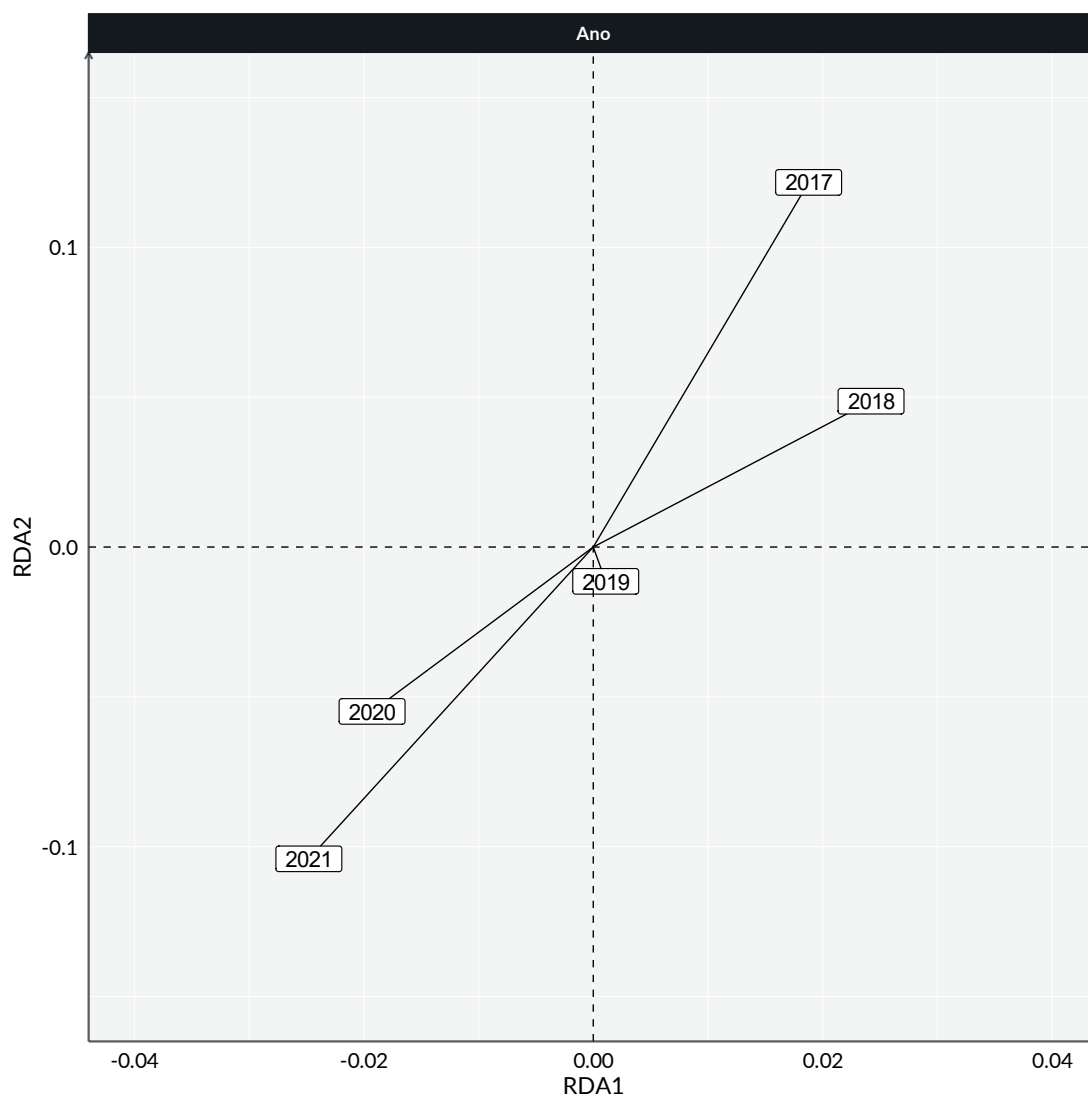


Figura V.2.1-16 – Resultados da RDA para tartarugas marinhas: anos.

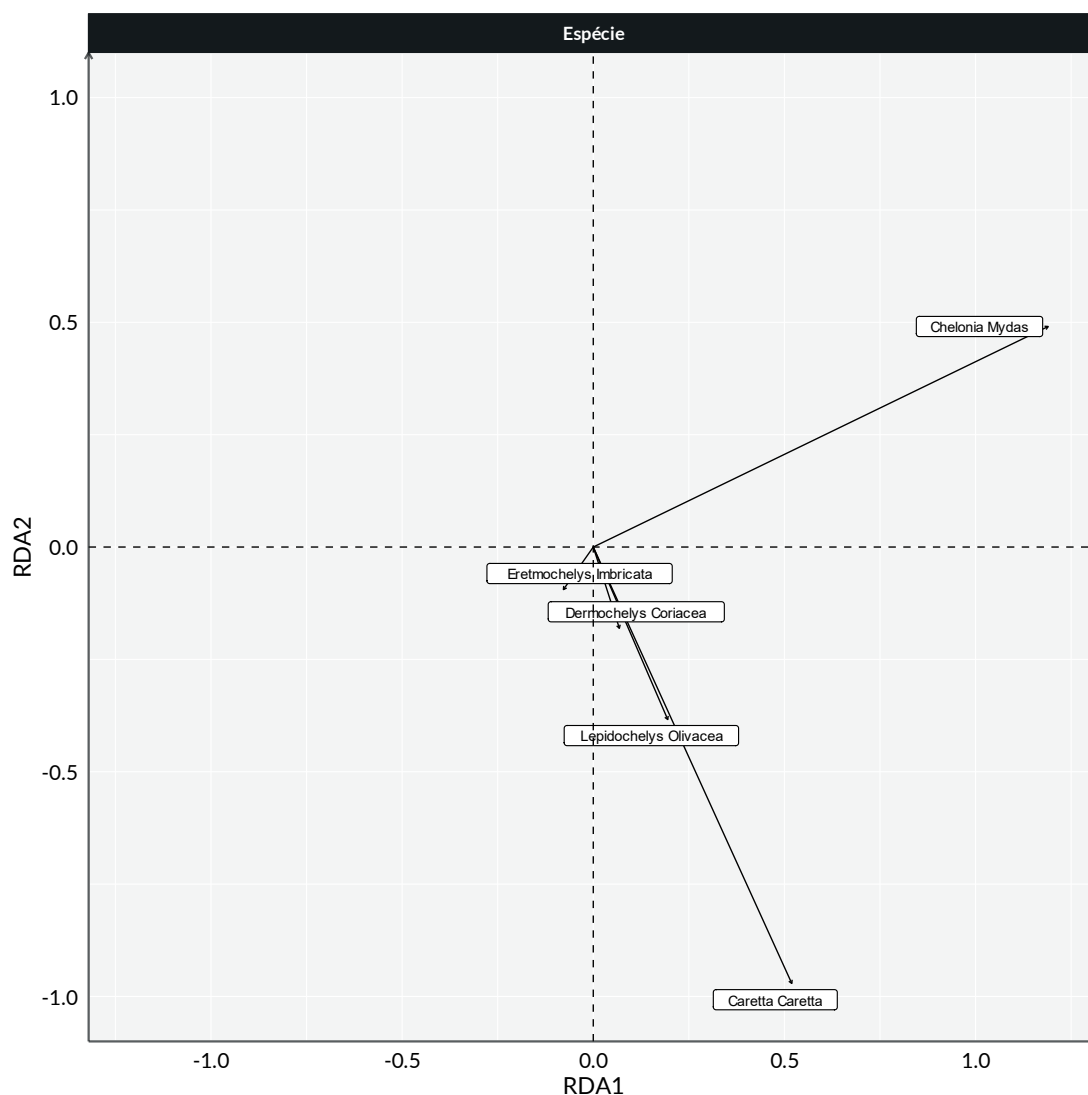


Figura V.2.1-17 – Resultados da RDA para tartarugas marinhas: espécies.

Os maiores valores no eixo RDA2 das espécies *C. mydas* e *C. caretta* junto com os das mesorregiões confirmam o que foi observado na análise exploratória (Figura V.2.1-7), indicando ser um fator significativo para explicar os padrões de encalhes. As tartarugas marinhas têm um padrão de movimentação conhecido ao longo da costa brasileira, entre áreas de desova em menores latitudes e áreas de alimentação ao largo da costa sudeste e sul do Brasil, principalmente nestas duas espécies (Almeida *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2011). Deste modo é provável que parte do padrão observado esteja relacionado a esta movimentação dos exemplares e sua aproximação da costa em determinadas regiões.

É interessante a relação entre os encalhes e o tráfego de embarcações, tanto de terceiros como da Petrobras. Apesar de em anos anteriores também se ter utilizado estas variáveis, não havia sido observada relação significativa destas nas análises. Como estas duas variáveis tiveram maior carga no eixo RDA1, neste mesmo eixo as espécies tiveram cargas opostas, o que sugere um padrão de relação inversa. Ou seja, as mesorregiões com mais encalhes destas espécies seriam aquelas onde há menor tráfego de embarcações. Como as variáveis antrópicas e ambientais tiveram altas cargas no eixo RDA1 e as mesorregiões no eixo RDA2, isto sugere haver maior relação com padrões geográficos do que com as variáveis ambientais ou antrópicas utilizadas. As tabelas registrando tal processo analítico, estão no *Apêndice 5 - Análise de Redundância*.

Mamíferos

Da mesma forma que para os demais grupos, os resultados da RDA com os encalhes de mamíferos apontaram significância para os fatores temporais (sazonalidade e ano) e espaciais (mesorregião). Entretanto de todas as variáveis ambientais em antrópicas utilizadas, somente a temperatura foi significativa (Tabela V.2.1-3). As demais variáveis ambientais e antrópicas não foram significativas para os encalhes de mamíferos.

Tabela V.2.1-3 – Resumo do modelo final da análise de RDA para mamíferos registrados pelo PMP-BS entre 2017 e 2021.

Parametro	G.L.	Variância	F	P-valor	R2
Fator (ano)	4	0,008424	2,6149	0,003	0,593
Fator (trimestre)	3	0,008827	3,6534	0,001	
Messorregião	11	0,238887	26,9636	0,001	
TSM (0-20m) média	1	0,002554	3,1713	0,02	
Residual	220	0,177192			

A variável ambiental temperatura superficial do mar apresentou escores similares nos dois eixos da RDA (Figura V.2.1-18). Com relação às mesorregiões, de um modo geral as mesorregiões do Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro apresentaram valores positivos no eixo RDA 2, com as mesorregiões de Santa Catarina com valores negativos (Figura V.2.1-19).

Somente a mesorregião do Litoral Leste Fluminense apresentou valores negativos, apesar de ser de uma região mais ao norte. Esse padrão provavelmente está relacionado com a quantidade de registros de *S. guianensis* que também apresentou altos valores no eixo RDA 2 (Figura V.2.1-22), pois esse padrão inverso indica que estas mesorregiões apresentam menores quantidades de encalhes desta espécie.

Do ponto de vista temporal, as estações apresentaram um padrão interessante (Figura V.2.1-20), com o verão (Trimestre 1) e inverno (Trimestre 3) com vetores quase que ortogonais, sugerindo que os encalhes observados nestas estações praticamente não tem relação entre si. Já a primavera (Trimestre 4) e o outono (Trimestre 2) ficaram nas diagonais dos eixos, mas em sentidos opostos, mostrando um comportamento intermediário, como seria de se esperar de estações de transição. Por sua vez, a variação interanual (Figura V.2.1-21) apresentou 2017 e 2019 se posicionando em quadrantes opostos, assim como 2018 e 2021, porém em quadrantes distintos. Comparando esses resultados com os das espécies (Figura V.2.1-22), pode-se observar que *Sotalia guianensis* também tem seu maior valor no eixo RDA2, assim como 2017 e 2018. Seguramente este padrão está ligado à mortalidade em massa da espécie na região das baías de Sepetiba e Ilha Grande nestes mesmos anos, causado por um evento epizootico relacionado a um morbilivírus (Groch *et al.*, 2018; Flach *et al.*, 2019).

A presença de *P. blainvillei* e *S. guianensis* com valores altos em eixos diferentes reflete o padrão de distribuição destas espécies, pois a primeira tende a ser mais frequente em regiões mais ao sul, sendo substituída pela segunda em direção norte. As demais espécies tenderam a ter valores baixos nos dois eixos, ficando próximas da origem na Figura V.2.1-22. Um destaque pode ser dado para *A. australis* e *T. truncatus*, com maiores valores no mesmo quadrante onde as mesorregiões de Santa Catarina também se encontram (Figura V.2.1-19). Ao longo dos anos de atividade do PMP-BS estas duas espécies são registradas mais frequentemente em Santa Catarina, devido aos padrões de distribuição das mesmas. O lobo-marinho-sulamericano, *A. australis*, possui colônias reprodutivas no Uruguai, se deslocando de lá para a costa brasileira no inverno e primavera (Oliveira *et al.*, 2014; Crespo *et al.*,

2015). Por sua vez, o golfinho-nariz-de-garrafa, *T. truncatus*, é habitante da plataforma continental, mas no sul do Brasil tende a estar associado a estuários (Lodi *et al.*, 2016), o que provavelmente explica a maior ocorrência de encalhes nas mesorregiões do litoral catarinense. Um ponto que se deve ter atenção, é que o servidor de nomes utilizado pelo SIMBA não reconhece a espécie *T. gephyreus*, o boto-de-Lahille (Wickert *et al.*, 2016; Hohl *et al.*, 2020), trazendo a mesma como subespécie, seguindo o entendimento de parte da comunidade científica (Costa *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2021). Deste modo é provável que as duas formas estejam sendo relatadas conjuntamente nos encalhes desta espécie. As tabelas registrando tal processo analítico, estão no *Apêndice 5 - Análise de Redundância*.

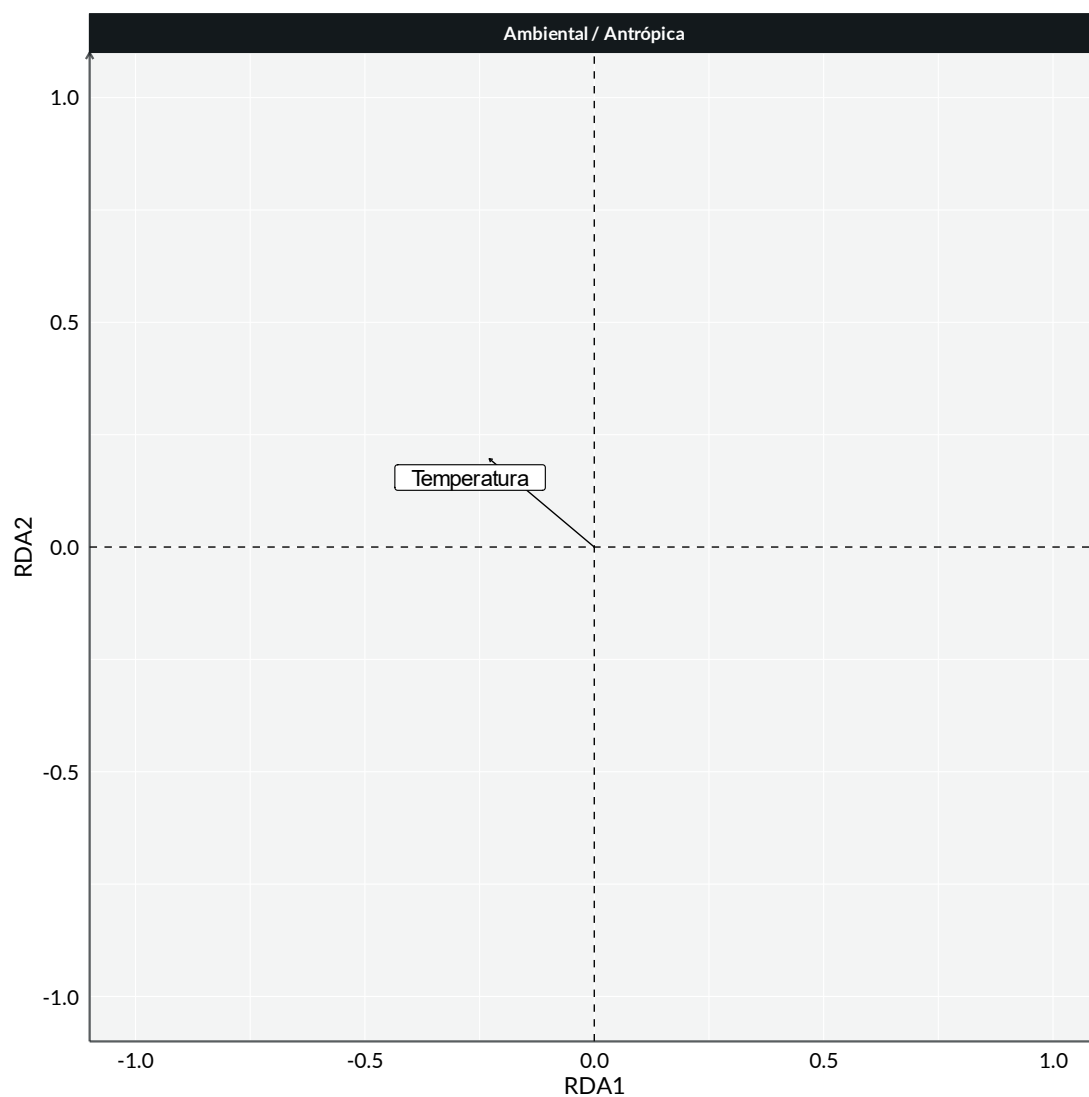


Figura V.2.1-18 – Resultados da RDA para mamíferos: variáveis ambientais e antrópicas significativas.

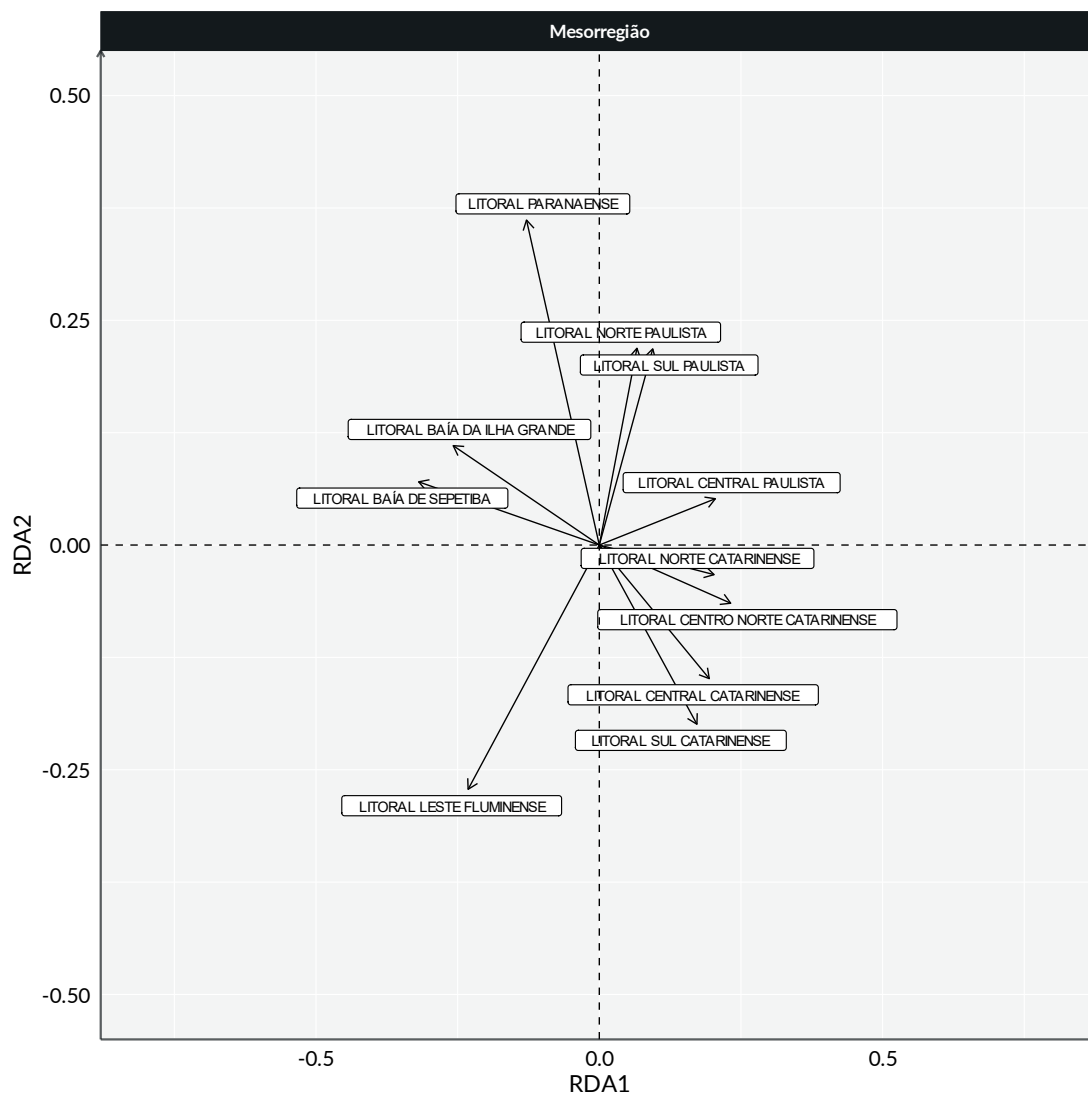


Figura V.2.1-19 – Resultados da RDA para mamíferos: mesorregiões.

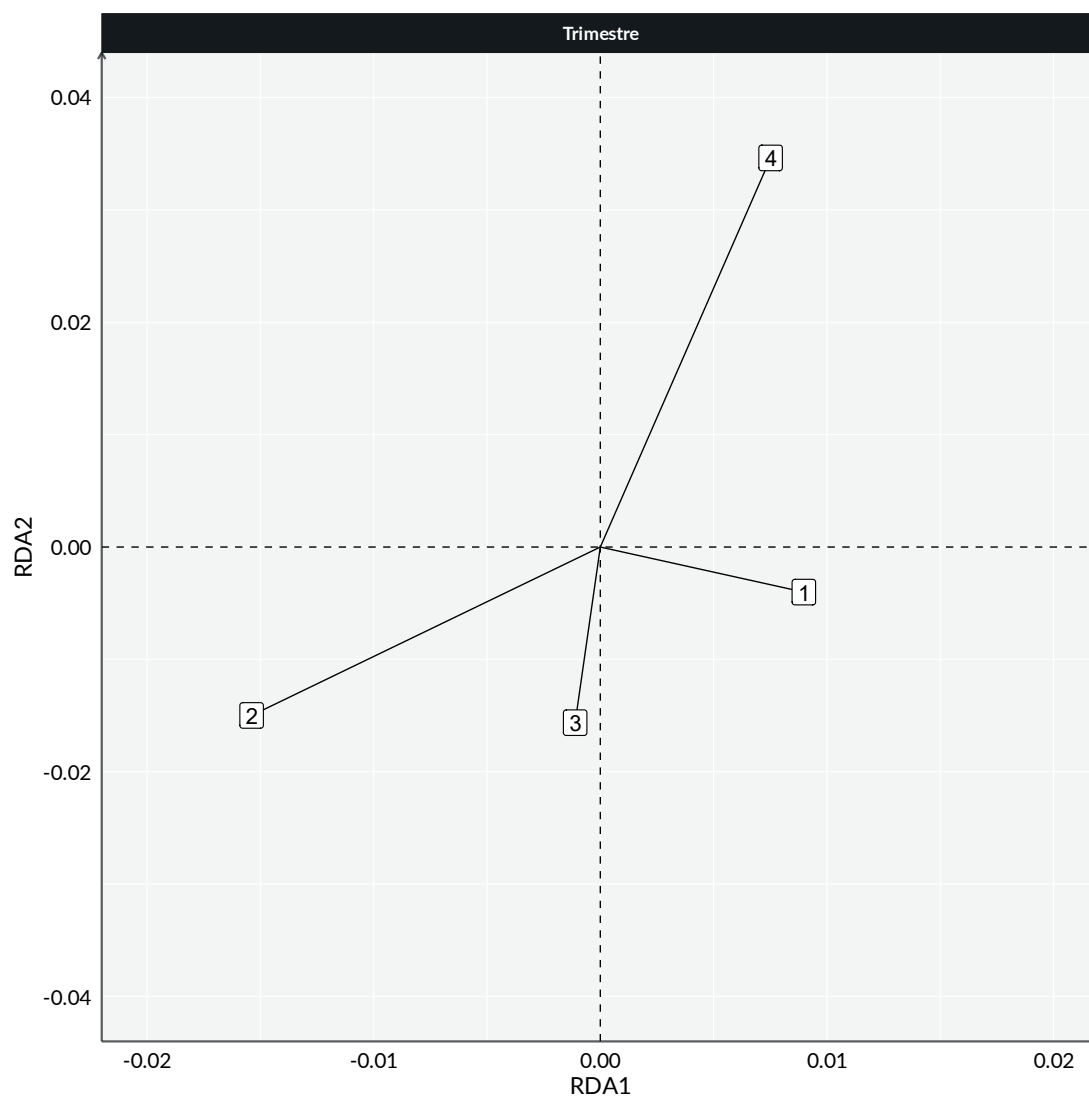


Figura V.2.1-20 – Resultados da RDA para mamíferos: trimestres.

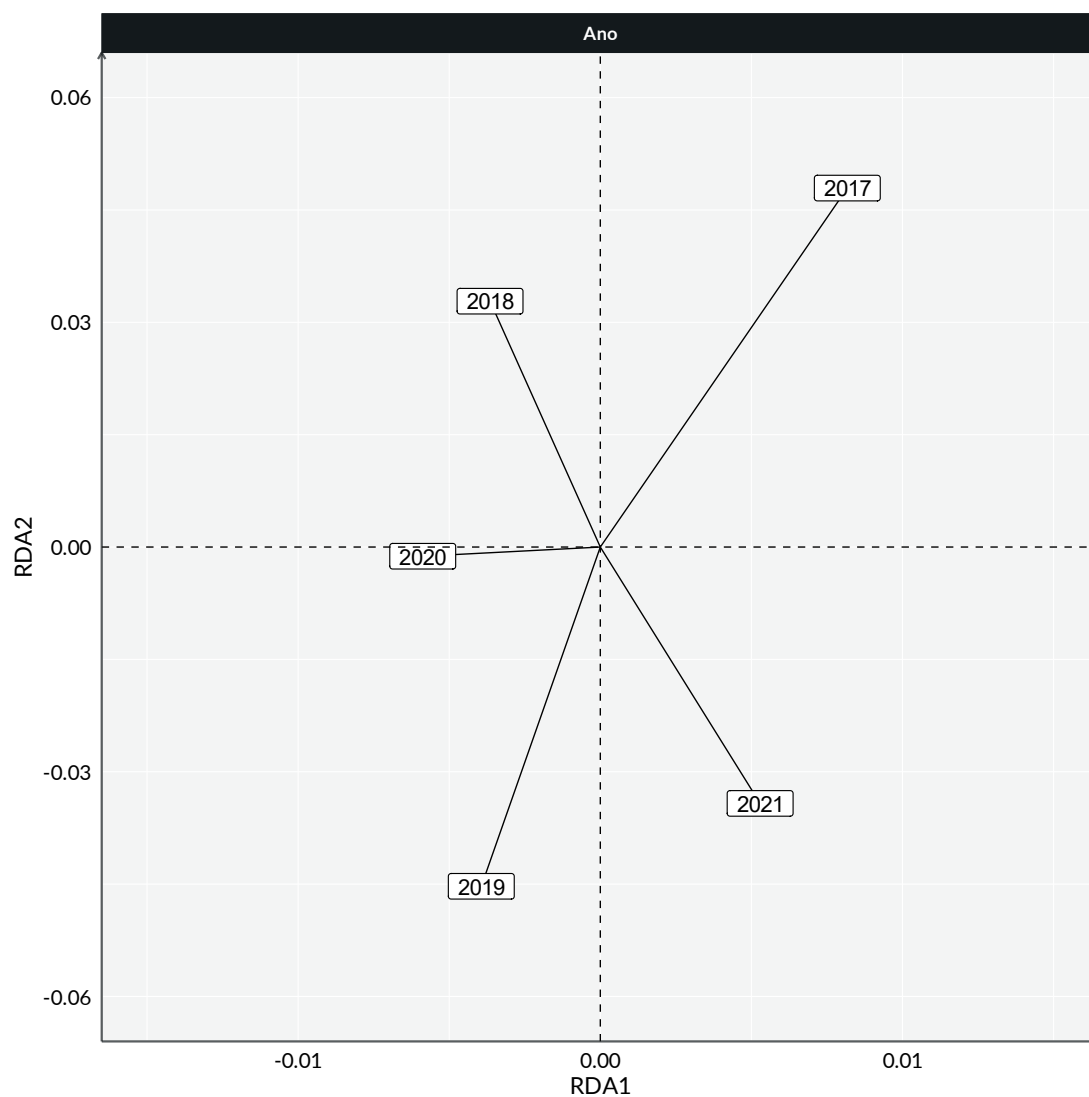


Figura V.2.1-21 – Resultados da RDA para mamíferos: anos.

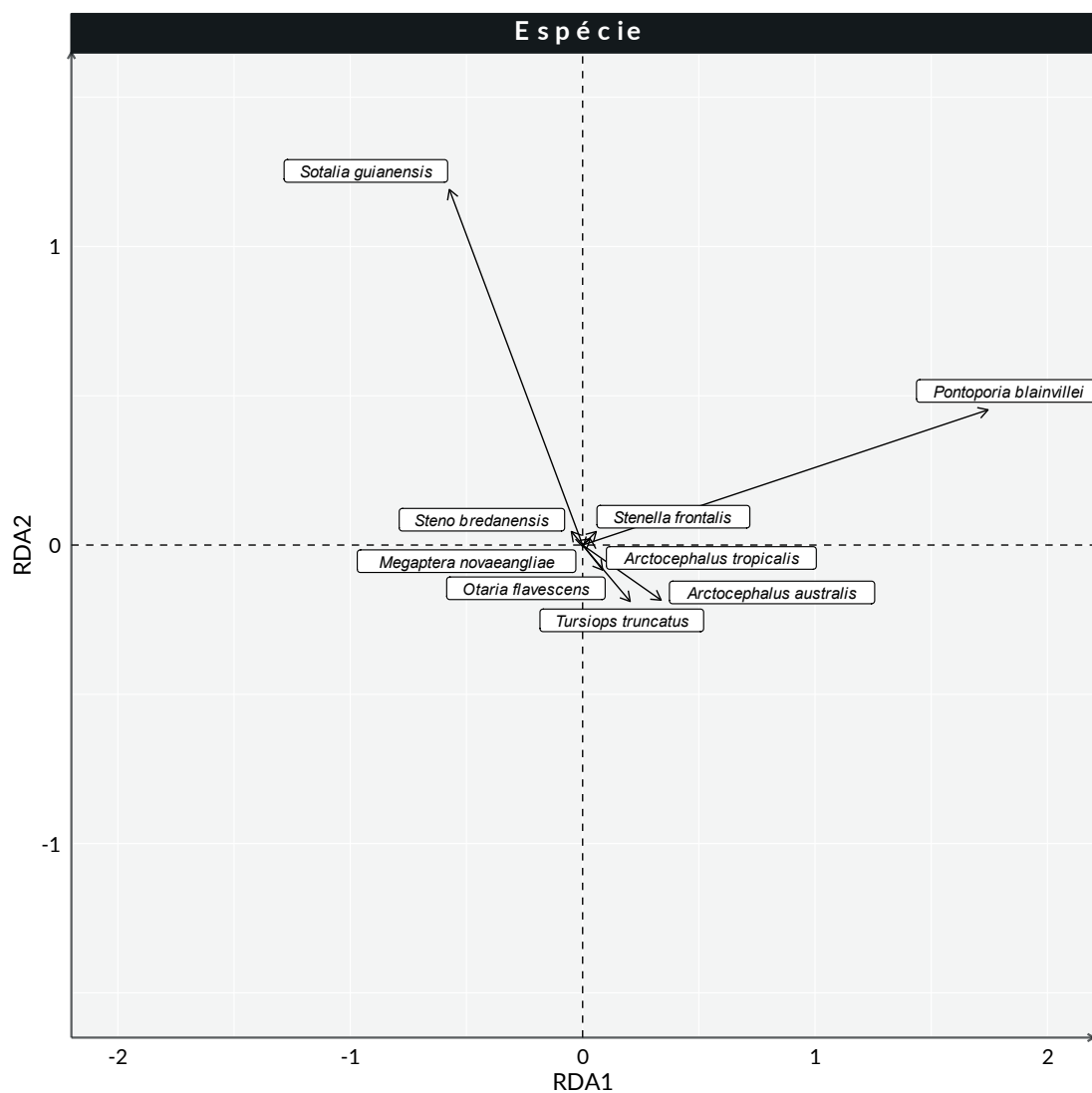


Figura V.2.1-22 – Resultados da RDA para mamíferos: espécies.

V.2.2 Índice de Saúde

Na Figura V.2.2-1 são apresentados os números de organismos de aves, tartarugas marinhas e mamíferos respectivamente, separados por mesorregião por uma escala de calor. Especificamente para os mamíferos (Figura V.2.2-1B), é observado uma maior quantidade de lacunas de informações devido ao processo de autólise, baixo número de encalhes (comparado a aves e tartarugas marinhas) e mudanças nas análises do Índice de Saúde, onde amostras de adrenais, que não eram de coleta obrigatória no início do projeto, passaram a compor o cálculo do Índice de Saúde. Sendo assim, com a falta de informações referentes a estas amostras entre os anos de 2016 e 2019, não foi possível realizar o cálculo do Índice de Saúde nestes exemplares dentro deste período em algumas mesorregiões, o que pode levar a um aumento da média e uma diminuição do desvio padrão.

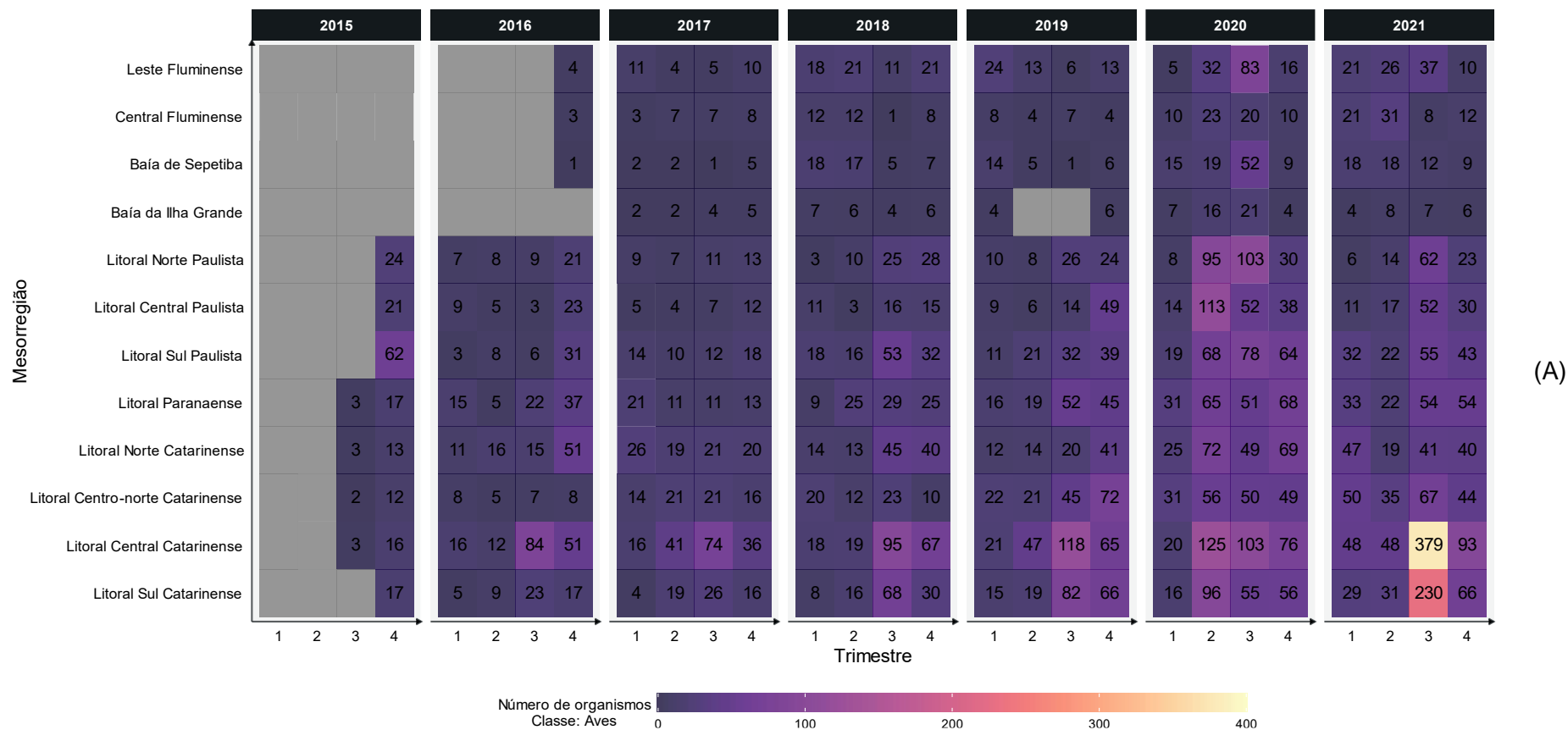


Figura V.2.2-1 – Mapa de calor com a distribuição do número de exemplares por mesorregião, trimestre e ano no PMP-BS onde foi possível calcular o IS para (A) aves, (B) mamíferos, e (C) tartarugas marinhas. Quadrantes em cinza indicam ausência de dados.

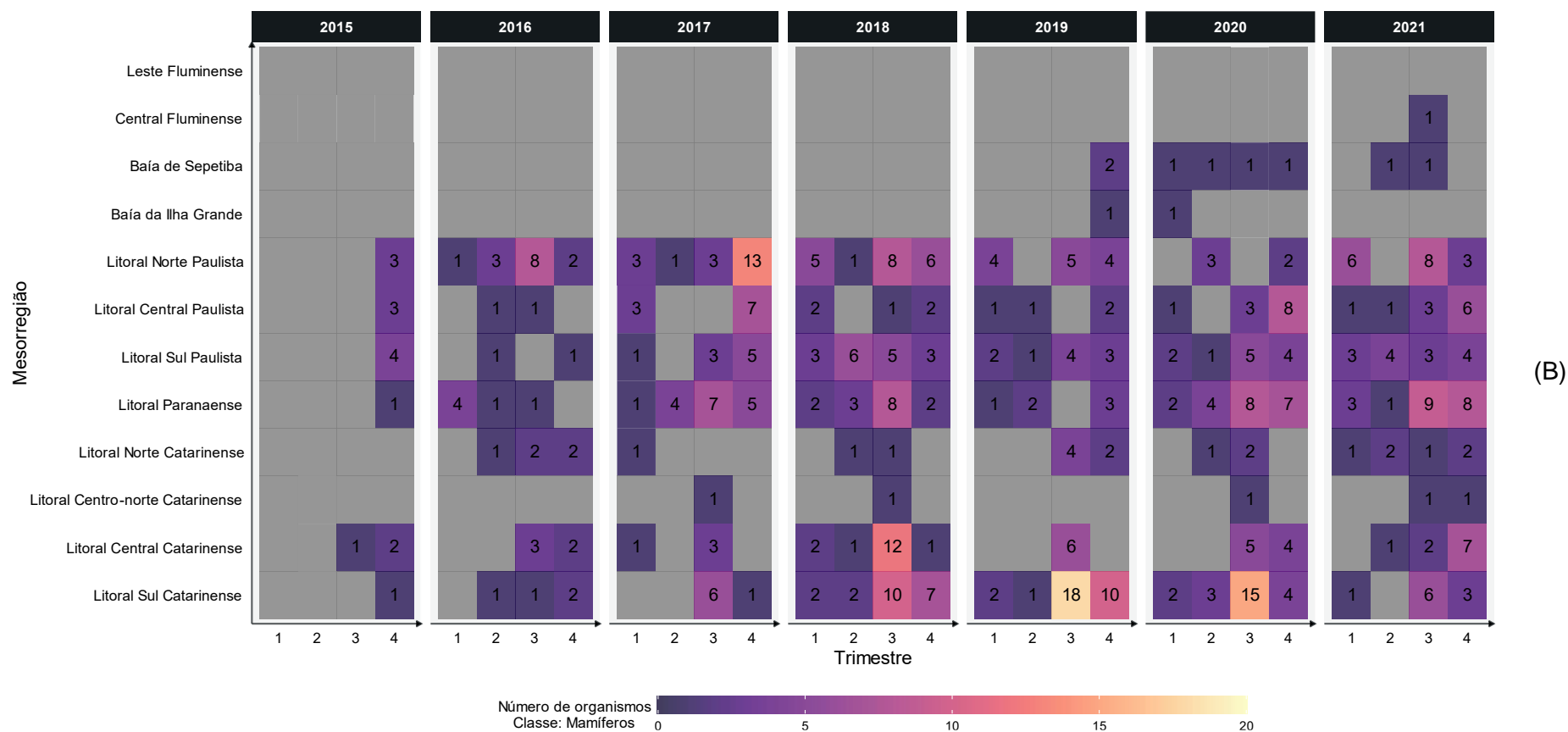


Figura V.2.2-1 (cont.)

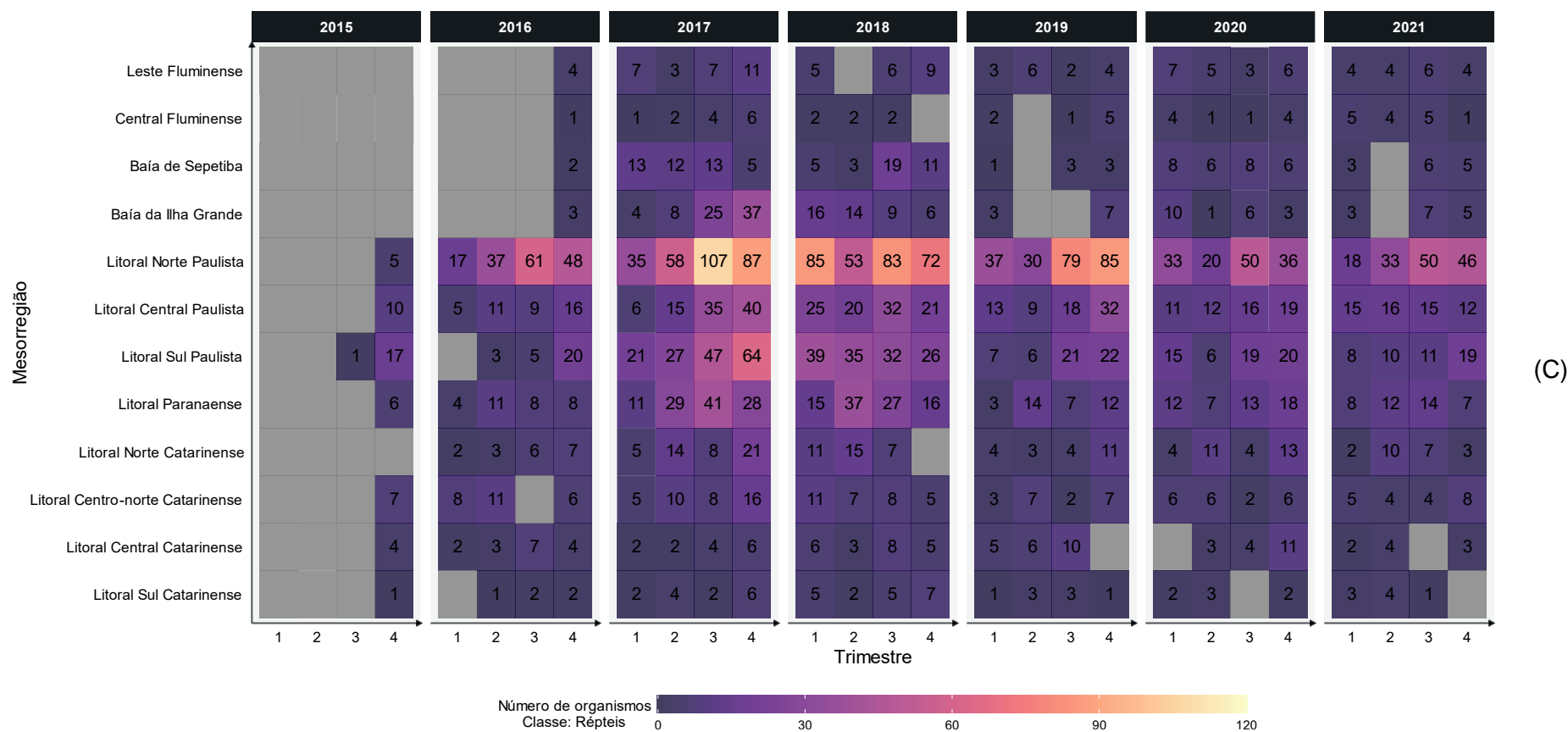


Figura V.2.2-1 (cont.)

Aves

Ao analisar as classes separadamente, a escolha do modelo final para aves consiste na avaliação das covariáveis ano, causa da morte, habitat e mesorregião. Este modelo foi significativamente diferente quando comparado a um modelo nulo através de um teste de anova, assim como, quando analisadas as covariáveis separadamente ($p < 0,05$). As tabelas registrando tal processo analítico, estão no *Apêndice 4 – Modelos Lineares Generalizados*.

Para garantia de um bom ajuste, todo modelo ajustado pressupõe que a distribuição dos resíduos possua uma distribuição normal, centrada em zero e com variância constante e simétrica em torno de zero. Modelos que não atendem este pressuposto não podem ser utilizados para generalizações dos padrões observados pois possuem vícios amostrais e/ou não amostrais que inviabilizam a generalização dos resultados observados ao final da análise. Ou seja, suas interpretações devem ser desconsideradas e não utilizadas para quaisquer suportes a decisão. Na Figura V.2.2-2, são evidenciados os resíduos das análises do modelo selecionado, contrastados com o do modelo com uma distribuição de probabilidade teórica binomial negativa. Uma vez que os valores dos resíduos estão próximos da distribuição teórica, isso indica que os resultados das análises podem ser utilizados.

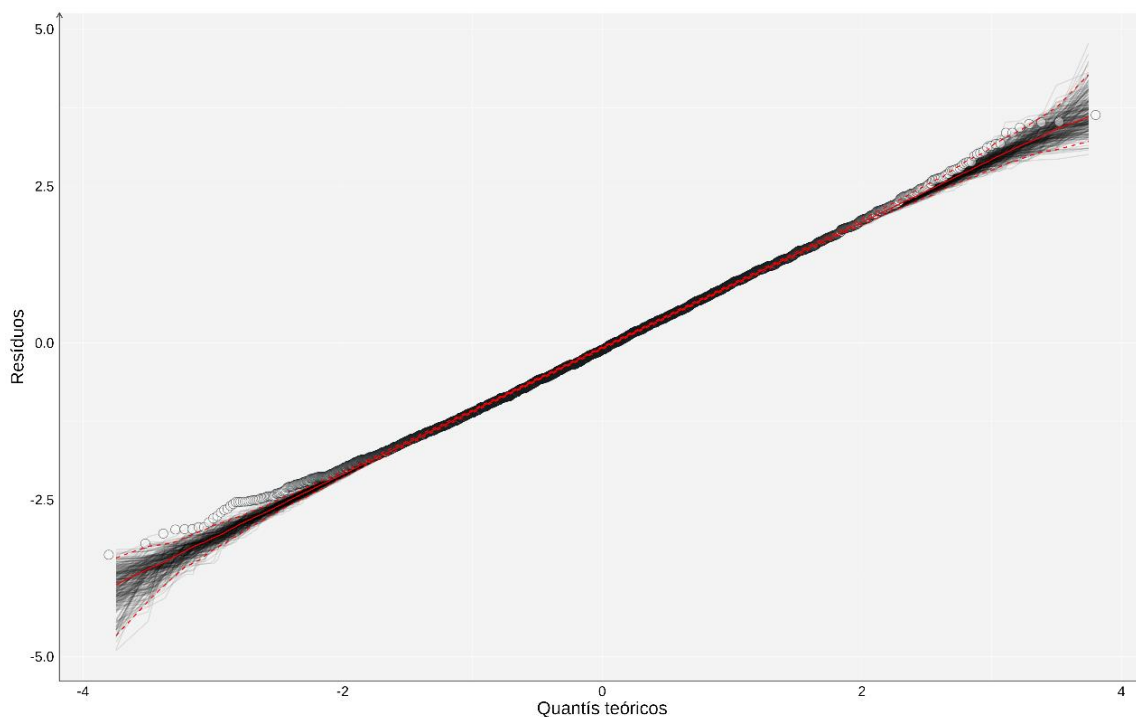


Figura V.2.2-2 – Distribuição de resíduos das análises do GLM de aves marinhas.

Como descrito no item *IV.6 - Índice de Saúde*, para aves, os valores obtidos no IS podem variar de 0 (animal considerado saudável e sem nenhuma alteração evidente) até 48 (todos os sistemas comprometidos em máximo grau), onde a média obtida entre os anos de 2017 e 2021 foi de 14 pontos. De uma forma geral, este resultado demonstra que as aves apresentam um bom IS, sendo a mais baixa entre todos os grupos taxonômicos.

Na Figura V.2.2-3, são apresentados os resultados em forma de gráficos mostrando as análises do IS por mesorregião, por ano, por habitat e por causa da morte, que foram as 4 covariáveis utilizadas no modelo final do GLM. A linha vermelha presente nos gráficos, representa a média geral dos efeitos para cada uma das covariáveis.

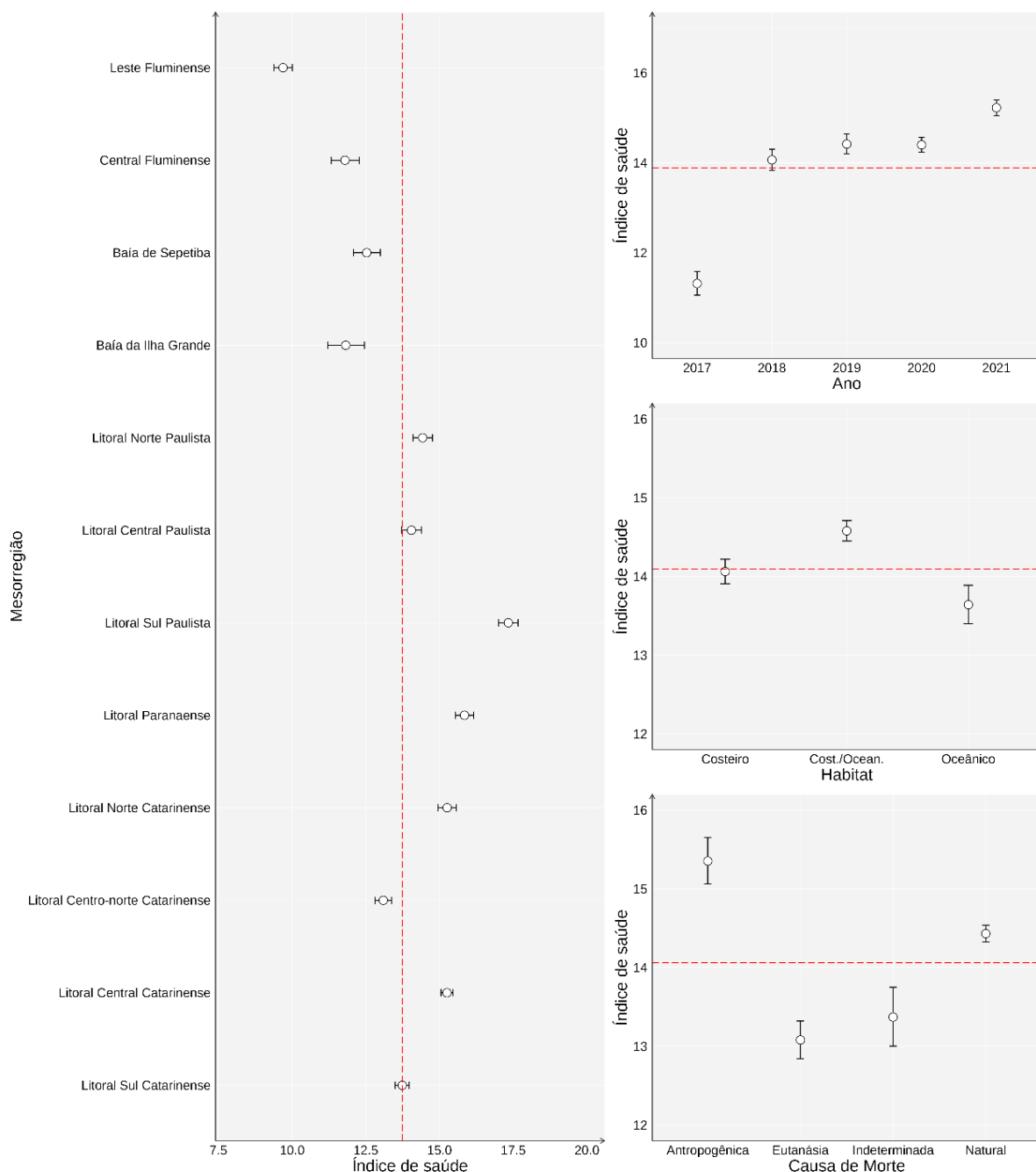


Figura V.2.2-3 – Análise exploratória do Índice de saúde para aves, entre os anos de 2017 e 2021 em todas as mesorregiões do PMP-BS.

Mesorregião

Utilizando a média geral dos efeitos como referência, podemos observar que todas as mesorregiões do estado do Rio de Janeiro (Baia de Ilha Grande, Baia da Sepetiba, Central Fluminense e Leste Fluminense) e a mesorregião Litoral Centro-Norte Catarinense, em Santa Catarina, apresentam menores valores de IS, o que representa indivíduos mais saudáveis.

Na Tabela V.2.2-1, são evidenciadas as 5 espécies mais representativas de cada mesorregião, dando destaque para os Pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), os Atobás (*Sula leucogaster*) e as Gaivotas (*Larus dominicanus*), que estão entre as espécies com maior percentual de IS analisado.

Em mesorregiões onde os Pinguins-de-Magalhães se destacam percentualmente das demais espécies, os IS tendem a piorar, podendo estar diretamente associado ao estado clínico que estes indivíduos chegam após o longo período de migração. Em contrapartida, podemos observar que nas mesorregiões do Rio de Janeiro, os valores de IS estão abaixo da linha vermelha, podendo ser relacionado ao elevado número de Fragatas acometidas por linha de pipa (fato já bem conhecido no estado do Rio de Janeiro), o que leva a um elevado número de óbitos de animais saudáveis (GOLDBERG, 2021).

Considerando a distribuição das mesorregiões do Norte para o Sul, foi possível observar na Figura V.2.2-3 que a partir do Litoral Norte Paulista até o Litoral Sul Catarinense, os IS começaram a ultrapassar a linha vermelha, indicando uma piora do estado de saúde destes animais, onde coincidentemente, os *Puffinus puffinus* estão entre as espécies mais representativas do IS dentre estas mesorregiões (Tabela V.2.2-1).

Assim como as fragatas no Rio de Janeiro, as ocorrências de outras aves costeiras podem estar influenciando no resultado das avaliações do IS por mesorregião, já que a medida em que as ocorrências de *Larus dominicanus* aumentam no Litoral Catarinense, é observada uma tendência de melhora na avaliação de saúde das aves, conforme observado na Figura V.2.2-3 e Tabela V.2.2-1. Esta melhora pode estar relacionada a causa de encalhe mais recorrente para essa espécie no sul do país, onde os indivíduos ao longo do ano apresentam em sua maioria sinais de intoxicação por ingestão de lixo ou restos de alimentos contaminados, o que leva ao óbito do animal sem muitas alterações sistêmicas.

Tabela V.2.2-1 – Quantitativo e percentual de aves marinhas com índice de saúde calculado, por mesorregião e espécie.

Mesorregião	Espécie	Quantidade	Percentual para a mesorregião
Leste Fluminense	<i>Spheniscus magellanicus</i>	109	27%
	<i>Fregata magnificens</i>	86	21%
	<i>Sula leucogaster</i>	82	20%
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	43	11%

Mesorregião	Espécie	Quantidade	Percentual para a mesorregião
Central Fluminense	<i>Larus dominicanus</i>	22	5%
	<i>Fregata magnificens</i>	118	54%
	<i>Sula leucogaster</i>	35	16%
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	33	15%
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	13	6%
	<i>Larus dominicanus</i>	9	4%
Baía de Sepetiba	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	57	23%
	<i>Sula leucogaster</i>	56	23%
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	53	22%
	<i>Fregata magnificens</i>	31	13%
	<i>Larus dominicanus</i>	18	7%
Baía da Ilha Grande	<i>Fregata magnificens</i>	40	31%
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	33	26%
	<i>Sula leucogaster</i>	14	11%
	<i>Ardea alba</i>	7	5%
	<i>Larus dominicanus</i>	5	4%
Litoral Norte Paulista	<i>Spheniscus magellanicus</i>	193	41%
	<i>Sula leucogaster</i>	67	14%
	<i>Puffinus puffinus</i>	60	13%
	<i>Larus dominicanus</i>	27	6%
	<i>Fregata magnificens</i>	22	5%
Litoral Central Paulista	<i>Spheniscus magellanicus</i>	213	42%
	<i>Puffinus puffinus</i>	74	15%
	<i>Sula leucogaster</i>	68	13%
	<i>Larus dominicanus</i>	46	9%
	<i>Fregata magnificens</i>	17	3%
Litoral Sul Paulista	<i>Spheniscus magellanicus</i>	207	30%
	<i>Puffinus puffinus</i>	116	17%
	<i>Sula leucogaster</i>	102	15%
	<i>Fregata magnificens</i>	53	8%
	<i>Larus dominicanus</i>	53	8%
Litoral Paranaense	<i>Spheniscus magellanicus</i>	163	25%
	<i>Sula leucogaster</i>	115	17%
	<i>Puffinus puffinus</i>	108	16%
	<i>Larus dominicanus</i>	101	15%
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	42	6%
Litoral Norte Catarinense	<i>Spheniscus magellanicus</i>	190	29%
	<i>Larus dominicanus</i>	174	27%
	<i>Sula leucogaster</i>	115	18%
	<i>Puffinus puffinus</i>	74	11%
	<i>Fregata magnificens</i>	11	2%
Litoral Centro-norte Catarinense	<i>Larus dominicanus</i>	262	39%
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	140	21%
	<i>Fregata magnificens</i>	52	8%
	<i>Sula leucogaster</i>	46	7%
	<i>Puffinus puffinus</i>	42	6%
Litoral Central Catarinense	<i>Spheniscus magellanicus</i>	863	57%

Mesorregião	Espécie	Quantidade	Percentual para a mesorregião
Litoral Sul Catarinense	<i>Larus dominicanus</i>	359	24%
	<i>Sula leucogaster</i>	77	5%
	<i>Puffinus puffinus</i>	47	3%
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	28	2%
	<i>Spheniscus magellanicus</i>	529	56%
	<i>Larus dominicanus</i>	214	23%
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	60	6%
	<i>Sula leucogaster</i>	45	5%
	<i>Puffinus puffinus</i>	32	3%

Ano

Quando avaliados os IS das aves ao longo dos anos, em 2017, observa-se que o IS apresentou um valor próximo a 11,5 e após esse período foi possível observar uma baixa variação entre 14 e 15 pontos, estando estes próximos à média geral. Vale ressaltar que a escala do Índice de saúde para aves, é de 0 a 48, sendo quanto mais próximo de 0, melhor é a situação da saúde dos animais. Sendo assim, apesar da variação anual, todos os valores demonstram um bom IS para as aves atendidas pelo PMP-BS.

Habitat

Quando avaliados os IS em relação aos habitats, as aves costeiras oceânicas apresentam o IS mais elevado, estando acima da média geral. Basicamente, estes animais estão representados por Pinguins-de-Magalhães (76%), os quais apresentam a média do IS em 15 pontos, muito provavelmente devido ao prognóstico clínico desfavorável destes animais ao chegarem nos Centros de Reabilitação.

Já as aves de habitat costeiro, são representadas principalmente pelos *Larus dominicanus*, que apresentam um quantitativo de 49% das aves costeiras registradas com IS, obtendo 14 pontos, seguidas pelas *Fregata magnificens* (19%) com 11 pontos e *Phalacrocorax brasilianus* (14%) também com 14 pontos.

Quanto as aves de habitat oceânico, podemos destacar os *Puffinus puffinus* com 62% dos registros e com média de 15 pontos, ficando abaixo da média geral. Porém, o fato de as barras de desvio padrão serem maiores do que para animais

dos outros habitats, mostra uma maior variação interna do IS para os animais oceânicos.

Causa da Morte

Conforme observado na Figura V.2.2-3, animais que apresentaram causa da morte natural e de origem antrópica, estão destacados acima da linha vermelha, mostrando um pior IS para estes indivíduos. Já os animais com diagnóstico final como eutanásia, apresentam um menor índice de saúde, mostrando uma melhor saúde nestes indivíduos. Vale ressaltar que animais que obtiveram como causa da morte eutanásia ou natural, podem apresentar como causa inicial de encalhe de origem antrópica (aves lesionadas por interação com linha de pipa ou agressões), corroborando com as informações de que estes animais chegam com bom escore corporal e bom estado de saúde, apesar da necessidade de eutanásia após lesões irreversíveis ou traumas graves.

Tartarugas marinhas

Ao analisar as classes separadamente, a escolha do modelo final para tartarugas marinhas consiste na avaliação das covariáveis mesorregião, ano, habitat e causa da morte. Este modelo foi significativamente diferente quando comparado a um modelo nulo através de um teste de ANOVA, assim como, quando analisadas as covariáveis separadamente ($p < 0,05$). As tabelas registrando tal processo analítico, estão no *Apêndice 4 – Modelos Lineares Generalizados*. Na Figura V.2.2-4, são apresentados os resíduos das análises do modelo selecionado, contrastados com uma distribuição de probabilidade teórica binomial negativa. Como os valores dos resíduos estão próximos da distribuição teórica, isso indica que os resultados das análises podem ser utilizados.

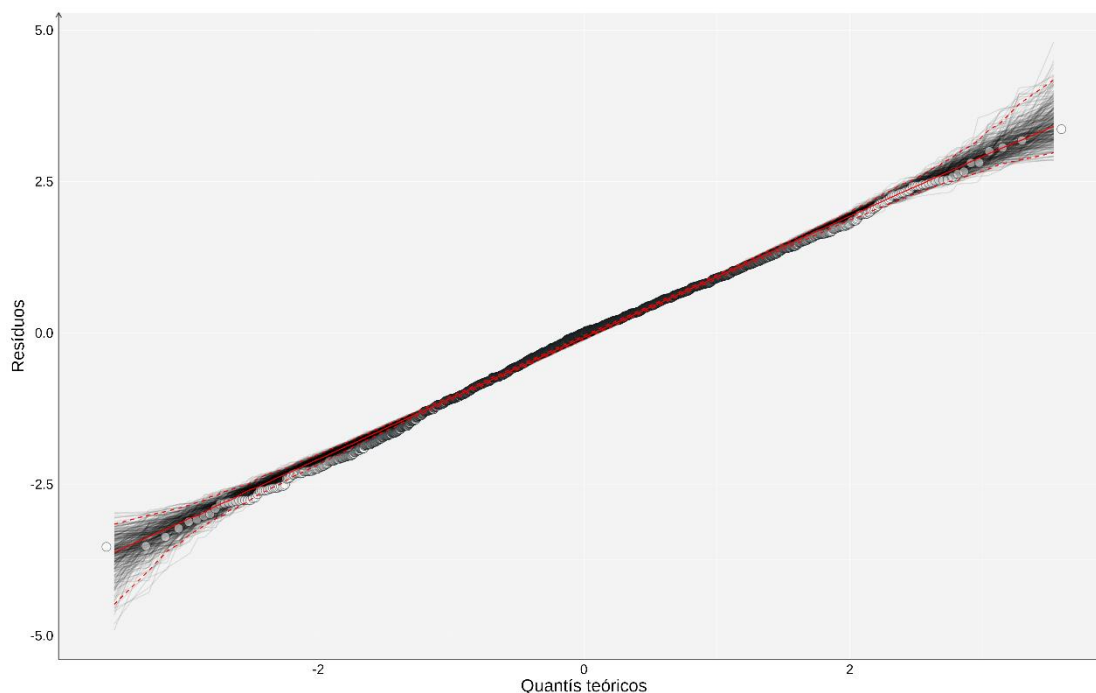


Figura V.2.2-4 – Gráfico de distribuição de resíduos das análises do GLM de tartarugas marinhas.

Como descrito no capítulo IV.6 - *Índice de saúde*, para tartarugas marinhas os valores obtidos no IS podem variar de 0 (animal considerado saudável e sem nenhuma alteração evidente) até 51 (todos os sistemas comprometidos em máximo grau), onde a média obtida entre os anos de 2017 e 2021 foi de 21,9 pontos. De uma forma geral, este resultado demonstra que as tartarugas marinhas apresentam uma razoável condição de saúde.

Na Figura V.2.2-5, são apresentados os resultados em forma de gráficos mostrando as análises dos IS por mesorregião, por ano, por habitat e por causa da morte, que foram as 4 covariáveis utilizadas no modelo final do GLM. A linha vermelha presente nos gráficos, representa a média geral dos efeitos para cada uma das covariáveis.

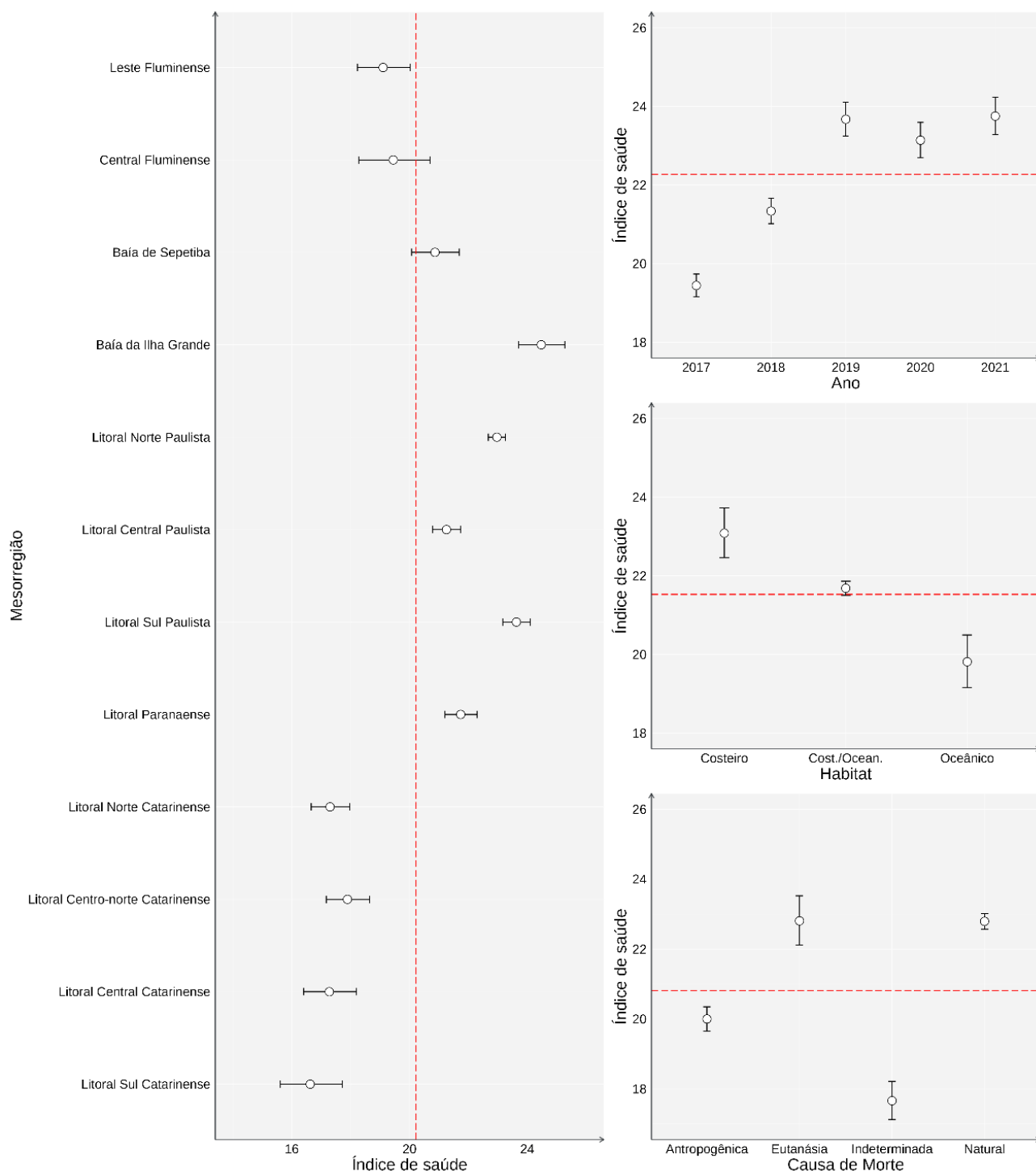


Figura V.2.2-5 – Análise exploratória do Índice de Saúde para tartarugas marinhas, entre os anos de 2017 e 2021 em todas as mesorregiões do PMP-BS.

Mesorregião

Utilizando a média geral dos efeitos como referência, podemos observar que todas as mesorregiões do estado de Santa Catarina (Litoral Norte Catarinense, Litoral Centro-norte Catarinense, Litoral Central Catarinense e Litoral Sul

Catarinense) apresentam menores valores de IS, o que representa indivíduos mais saudáveis. Este fato pode estar relacionado ao número de *Chelonia mydas* com causa de morte antrópica, ligada a afogamento, o que leva a um elevado quantitativo de óbitos de animais relativamente saudáveis e sem muitas alterações sistêmicas.

Em contrapartida, podemos observar que as mesorregiões Baía de Sepetiba e Baía da Ilha Grande no Rio de Janeiro, Litoral Paranaense no Paraná, e todas as mesorregiões de São Paulo (Litoral Norte Paulista, Litoral Central Paulista, Litoral Sul Paulista), estão acima da linha vermelha. Esses casos podem estar relacionados ao elevado número de óbitos de animais caquéticos e com alterações sugestivas de processo infeccioso sistêmico e parasitismo grave, os quais levam as diversas alterações clínicas e anatomopatológicas que corroboram com o elevado número de indivíduos com pontuação do IS alta nessas mesorregiões.

Na Tabela V.2.2-2 são evidenciadas as espécies representativas de cada região, dando destaque a mesorregião Litoral Sul Paulista, que apresenta avaliação do IS de todas as espécies de tartarugas marinhas que possuem ocorrência no Brasil (Tartaruga-verde, Tartaruga-cabeçuda, Tartaruga de pente, Tartaruga de couro e Tartaruga-oliva). Também podemos dar destaque a mesorregião do Litoral Norte Paulista, que apresentou o maior quantitativo de indivíduos analisados (1.071) entre todas as mesorregiões, podendo estar diretamente ligado à grande população de tartarugas marinhas residentes nesta mesorregião, que é uma área de alimentação de indivíduos juvenis.

Foi observado que na mesorregião Litoral Central Catarinense, a espécie *Caretta caretta* obteve a maior representatividade de indivíduos avaliados para esta classe (20,3%). Entretanto, esse destaque não influenciou no IS da mesorregião, mantendo o padrão de todo o litoral de Santa Catarina.

Podemos destacar também o baixo número de indivíduos da espécie *Dermochelys coriacea* em todas as mesorregiões, podendo estar relacionado a raridade da espécie e ao estado de decomposição que esses animais são encontrados, impossibilitando um exame necroscópico detalhado e coleta de material biológico para exame histopatológico.

Tabela V.2.2-2 – Quantitativo e percentual de tartarugas marinhas com índice de saúde médio calculado, por mesorregião, espécie e habitat

Mesorregião	Espécie	Cost./Ocean.	Costeiro	Oceânico	Percentual	Por espécie	Total
Leste Fluminense	<i>Chelonia mydas</i>	69	8	8	91,4%	85	93
	<i>Caretta caretta</i>	5			5,4%	5	
	<i>Lepidochelys olivacea</i>			2	2,2%	2	
	<i>Dermochelys coriacea</i>			1	1,1%	1	
Central Fluminense	<i>Chelonia mydas</i>	36	12		96,0%	48	50
	<i>Caretta caretta</i>	2			4,0%	2	
	<i>Chelonia mydas</i>	111	6	3	96,8%	120	
Baía de Sepetiba	<i>Caretta caretta</i>	2			1,6%	2	124
	<i>Dermochelys coriacea</i>			1	0,8%	1	
	<i>Eretmochelys imbricata</i>		1		0,8%	1	
Baía da Ilha Grande	<i>Chelonia mydas</i>	132	16	8	99,4%	156	157
	<i>Caretta caretta</i>	1			0,6%	1	
	<i>Chelonia mydas</i>	932	82	33	97,8%	1047	
Litoral Norte Paulista	<i>Caretta caretta</i>	15			1,4%	15	1071
	<i>Eretmochelys imbricata</i>		1		0,1%	1	
	<i>Lepidochelys olivacea</i>			8	0,7%	8	
	<i>Chelonia mydas</i>	318	17	21	96,5%	356	
Litoral Central Paulista	<i>Caretta caretta</i>	11			3,0%	11	369
	<i>Dermochelys coriacea</i>			1	0,3%	1	
	<i>Lepidochelys olivacea</i>			1	0,3%	1	
	<i>Chelonia mydas</i>	368	29	28	92,6%	425	
Litoral Sul Paulista	<i>Caretta caretta</i>	27			5,9%	27	459
	<i>Dermochelys coriacea</i>			2	0,4%	2	
	<i>Eretmochelys imbricata</i>		1		0,2%	1	
	<i>Lepidochelys olivacea</i>			4	0,9%	4	
Litoral Paranaense	<i>Chelonia mydas</i>	234	18	19	96,4%	271	281
	<i>Caretta caretta</i>	9			3,2%	9	
	<i>Lepidochelys olivacea</i>			1	0,4%	1	
	<i>Chelonia mydas</i>	116	5	7	93,4%	128	
Litoral Norte Catarinense	<i>Caretta caretta</i>	4			2,9%	4	137
	<i>Lepidochelys olivacea</i>			4	2,9%	4	
	<i>Eretmochelys imbricata</i>		1		0,7%	1	
Litoral Centro-norte Catarinense	<i>Chelonia mydas</i>	86	10	9	99,1%	105	106
	<i>Caretta caretta</i>	1			0,9%	1	
Litoral Central Catarinense	<i>Chelonia mydas</i>	49	5	5	79,7%	59	74
	<i>Caretta caretta</i>	15			20,3%	15	
Litoral Sul Catarinense	<i>Chelonia mydas</i>	38	5	4	95,9%	47	49
	<i>Caretta caretta</i>	2			4,1%	2	

Ano

Quando avaliados os índices de saúde das tartarugas marinhas ao longo dos anos, observa-se um aumento progressivo até o ano de 2019, quando a partir deste, há uma estabilização que se mantém até o ano de 2021 (havendo apenas uma pequena variação de menos de 1 ponto entre os anos).

No ano de 2017, observa-se que o IS apresentou o menor valor entre os anos (19,7), demonstrando uma melhor condição de saúde dos animais necropsiados. Já o ano de 2021, apresentou o maior IS, mostrando que apesar da

pouca variação, o aumento discreto e progressivo continua ocorrendo. Vale ressaltar, que a escala do IS de tartarugas marinhas, é de 0 a 51, sendo assim, apesar da pequena variação anual, todos os valores demonstram um índice de saúde regular para as tartarugas marinhas atendidas pelo PMP-BS.

Habitat

Quando avaliados os IS em relação aos habitats, todos obtiveram a maior representatividade da espécie *Chelonia mydas*. Os indivíduos considerados costeiros oceânicos, representaram o maior quantitativo de indivíduos com índice de saúde calculado (87%), os quais apresentaram média de 22 pontos, estando próximos a linha média. Já os animais oceânicos, apresentaram a menor média de índice de saúde (19 pontos), e representam aproximadamente 6% do total de indivíduos com o IS calculado.

Durante as análises, podemos destacar os animais considerados costeiros, os quais apesar de representam aproximadamente 7% do quantitativo de indivíduos com índice de saúde calculado, apresentaram a maior pontuação média (23 pontos). Este resultado, muito provavelmente pode ser relacionado à causa da morte de animais costeiros por interação antrópica com embarcação e ingestão de resíduos sólidos (lixo), os quais levam a diversas alterações sistêmicas e achados pós mortem relevantes.

Causa da Morte

Conforme observado na Figura V.2.2-5, animais que apresentaram causa de morte natural e eutanásia, estão acima da linha vermelha, mostrando um pior IS para estes indivíduos. Diferentemente das aves, tartarugas marinhas que passam por tratamento de eutanásia geralmente são indivíduos que apresentam prognóstico e condição clínica extremamente desfavoráveis, levando a alterações sistêmicas e achados anatomopatológicos expressivos, o que justifica a maior pontuação (24 pontos) entre todas as causas de morte, apesar do menor quantitativo de indivíduos.

Já os animais com diagnóstico final como antropogênico, representaram a segunda maior causa de óbito entre as tartarugas marinhas, sendo mais evidente no Litoral Paulista, onde a maior parte dos animais apresenta interação com pesca

e lixo. Apesar do quantitativo, a média geral foi de 20 pontos, ficando atrás apenas da causa de morte indeterminada.

Mamíferos

A escolha do modelo final para mamíferos marinhos consiste na avaliação das covariáveis mesorregião, ano, habitat e causa da morte. Este modelo foi significativamente diferente quando comparado a um modelo nulo através de um teste de ANOVA, assim como quando analisadas as covariáveis separadamente ($p < 0,05$). As tabelas registrando tal processo analítico, estão no *Apêndice 4 – Modelos Lineares Generalizados*. Na Figura V.2.2-6 são apresentados os resíduos das análises do modelo selecionado, contrastados com uma distribuição de probabilidade teórica binomial negativa. Uma vez que os valores dos resíduos estão próximos da distribuição teórica, isso indica que os resultados das análises podem ser utilizados.

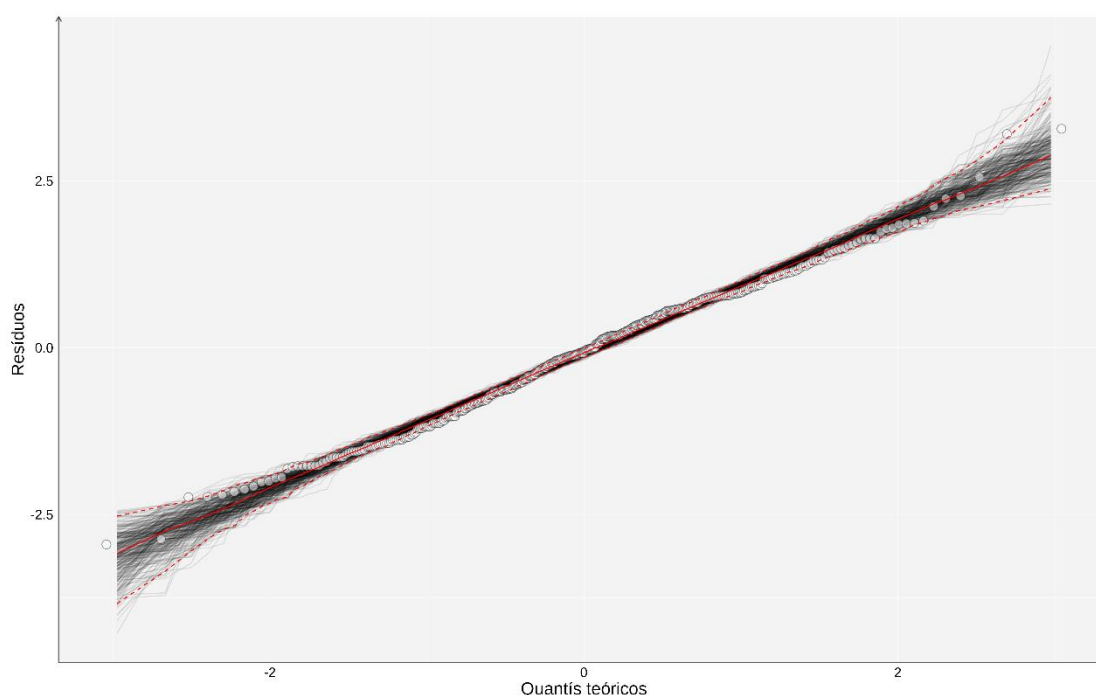


Figura V.2.2-6 – Gráfico de distribuição de resíduos das análises do GLM de mamíferos marinhos.

Como descrito no item IV.6 - *Índice de Saúde*, para mamíferos os valores obtidos no IS podem variar de 0 (animal considerado saudável e sem nenhuma alteração evidente) até 48 (todos os sistemas comprometidos em máximo grau), e

a média obtida entre os anos de 2017 e 2021 foi de 15,7 pontos. De uma forma geral, este resultado demonstra que os mamíferos marinhos apresentam uma razoável condição de saúde.

Na Figura V.2.2-7 são apresentados os resultados em forma de gráficos mostrando as análises dos índices de saúde por mesorregião, por ano, por habitat e por causa da morte, que foram as 4 covariáveis utilizadas no modelo final do GLM. A linha vermelha presente nos gráficos, representa a média geral dos efeitos para cada uma das covariáveis.

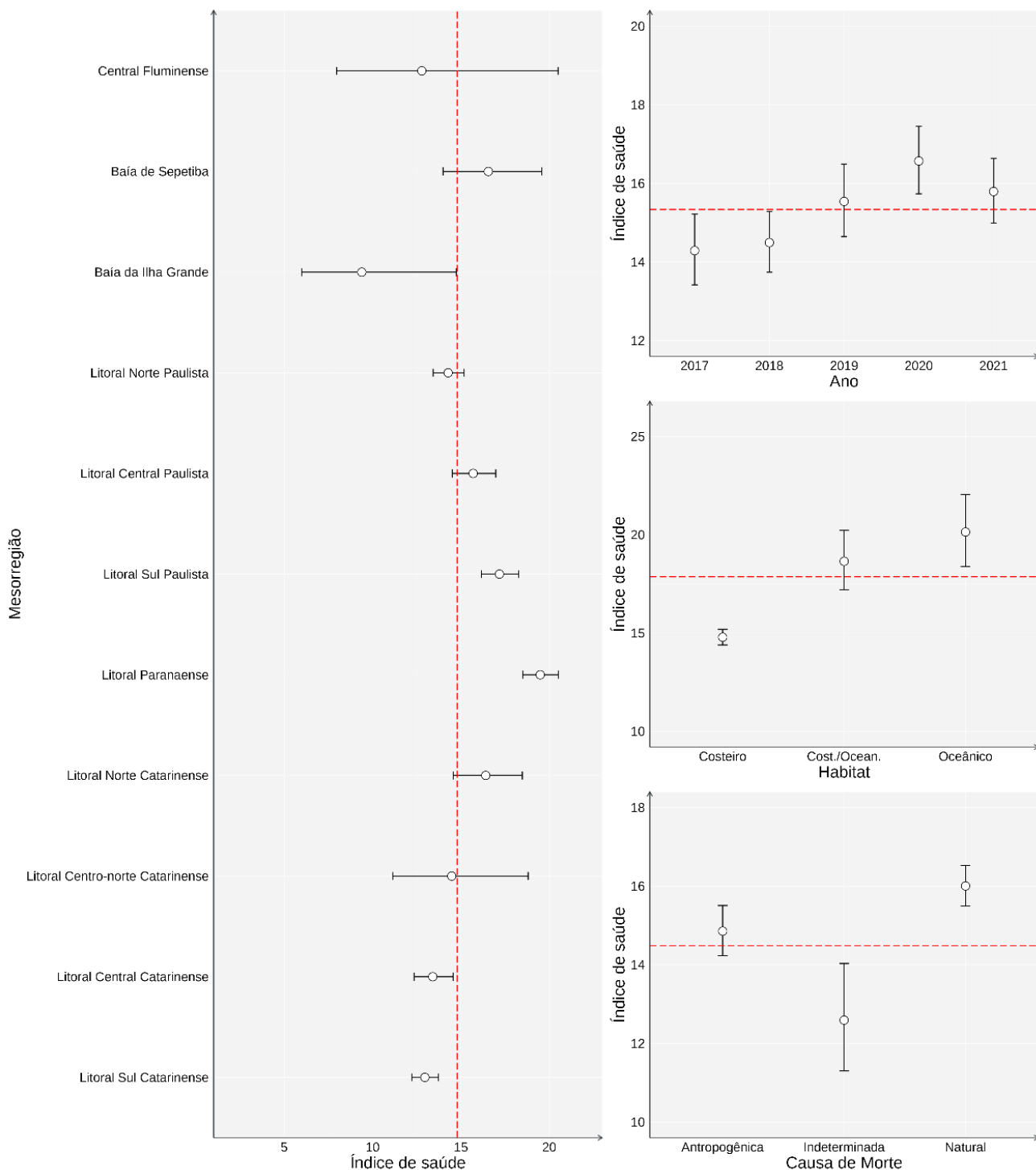


Figura V.2.2-7 – Análise exploratória do Índice de saúde para mamíferos marinhos, entre os anos de 2017 e 2021 em todas as mesorregiões do PMP-BS.

Mesorregião

Primeiramente, é importante salientar e evidenciar a grande variação de espécies de acordo com as mesorregiões avaliadas, estando relacionadas com sazonalidade, habitat e colônias reprodutivas. Esta variação, causa grande influência na média de índice de saúde de cada mesorregião analisada.

Utilizando a linha vermelha apresentada nos gráficos (média geral dos efeitos) como referência, podemos observar que as mesorregiões Baía da Ilha Grande, Litoral Central Catarinense e Litoral Sul Catarinense, apresentaram os menores valores de índice de saúde, sendo a Baía da Ilha Grande com presença de apenas 2 indivíduos (*Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guianensis*) que apresentaram índice de saúde abaixo de 10 pontos. Já as regiões Litoral Central e Sul Catarinense, é possível observar uma maior representatividade de *Arctocephalus australis*, os quais são responsáveis por metade dos indivíduos com IS calculado nessas mesorregiões, e apresentam a média de IS calculado em 12,7 e 12,1 respectivamente. Este resultado pode ser devido ao fato destes animais já estarem próximos de suas colônias ao Sul, levando ao encalhe de indivíduos com um estado corpóreo e de saúde melhor.

Em contrapartida, podemos observar que as mesorregiões Baía de Sepetiba, Litoral Central Paulista, Litoral Sul Paulista, Litoral Paranaense e Litoral Norte Catarinense, estão acima da linha média, regiões estas, em que a maior parte das espécies apresentam Índice de Saúde acima da média geral (15,7). Conforme observado na Tabela V.2.2-3 é possível verificar a presença de um grande número amostral de *Sotalia guianensis*, as quais apresentaram-se com índice de saúde elevado comparado as demais espécies.

Podemos destacar que a partir da mesorregião Litoral Sul Paulista, é possível observar o início da maior representatividade de indivíduos das espécies *A. australis* e *A. tropicalis*, e que o índice de saúde vai diminuindo conforme as mesorregiões ficam mais próximas as colônias. Neste contexto, é possível supor que as grandes distâncias percorridas pelos indivíduos de *A. tropicalis* devido à distância das colônias reprodutivas da costa brasileira e a desnutrição observada nos filhotes de *A. australis*, levam a um quadro geral de debilidade, sendo um fator predisponente à caquexia e imunossupressão, contribuindo para a associação de

diferentes patologias simultaneamente e corroborando com os estudos feitos por Reisfeld (2016).

Vale ressaltar, que para mamíferos marinhos o IS no estado do Rio de Janeiro pode estar subestimado, já que o IS foi calculado a partir do ano de 2019 como já justificado anteriormente, o que poderia diminuir o desvio padrão e aumentar a média das mesorregiões do estado.

Tabela V.2.2-3 – Quantitativo e percentual de mamíferos marinhos com índice de saúde calculado, por mesorregião e espécie.

Mesorregião	Espécie	N	%
Central Fluminense	<i>Sotalia guianensis</i>	6	75,0%
	<i>Kogia breviceps</i>	1	12,5%
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	1	12,5%
Baía de Sepetiba	<i>Steno bredanensis</i>	1	100,0%
Baía da Ilha Grande	<i>Sotalia guianensis</i>	29	46,0%
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	25	39,7%
	<i>Steno bredanensis</i>	4	6,3%
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	3	4,8%
	<i>Stenella frontalis</i>	2	3,2%
Litoral Norte Paulista	<i>Pontoporia blainvillei</i>	35	70,0%
	<i>Lagenodelphis hosei</i>	6	12,0%
	<i>Kogia breviceps</i>	4	8,0%
	<i>Arctocephalus gazella</i>	1	2,0%
	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	1	2,0%
	<i>Lontra longicaudis</i>	1	2,0%
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	1	2,0%
	Não Identificado	1	2,0%
Litoral Central Paulista	<i>Pontoporia blainvillei</i>	26	59,1%
	<i>Sotalia guianensis</i>	15	34,1%
	<i>Arctocephalus australis</i>	1	2,3%
	<i>Delphinus delphis</i>	1	2,3%
	Não Identificado	1	2,3%
Litoral Sul Paulista	<i>Sotalia guianensis</i>	50	66,7%
	<i>Arctocephalus australis</i>	10	13,3%
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	4	5,3%
	<i>Stenella frontalis</i>	3	4,0%
	<i>Arctocephalus gazella</i>	1	1,3%
	<i>Delphinus delphis</i>	1	1,3%
	<i>Feresa attenuata</i>	1	1,3%
	<i>Kogia breviceps</i>	1	1,3%
	<i>Kogia sima</i>	1	1,3%
	<i>Lobodon carcinophaga</i>	1	1,3%
	<i>Stenella longirostris</i>	1	1,3%
	<i>Steno bredanensis</i>	1	1,3%
Litoral Paranaense	<i>Pontoporia blainvillei</i>	11	32,4%
	<i>Arctocephalus australis</i>	10	29,4%
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	4	11,8%
	<i>Tursiops truncatus</i>	3	8,8%
	<i>Stenella frontalis</i>	2	5,9%
	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	1	2,9%
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	1	2,9%
	<i>Stenella longirostris</i>	1	2,9%
	<i>Steno bredanensis</i>	1	2,9%
Litoral Norte Catarinense	<i>Arctocephalus australis</i>	5	38,5%
	<i>Sotalia guianensis</i>	5	38,5%
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	1	7,7%
	<i>Lontra longicaudis</i>	1	7,7%
	<i>Stenella frontalis</i>	1	7,7%
Litoral Centro-Norte Catarinense	<i>Arctocephalus australis</i>	2	40,0%
	<i>Phocoena dioptrica</i>	1	20,0%
	<i>Stenella frontalis</i>	1	20,0%
	Não Identificado	1	20,0%

Mesorregião	Espécie	N	%
Litoral Central Catarinense	<i>Arctocephalus australis</i>	22	48,9%
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	9	20,0%
	<i>Tursiops truncatus</i>	4	8,9%
	<i>Stenella frontalis</i>	3	6,7%
	<i>Otaria flavescens</i>	2	4,4%
	<i>Sotalia guianensis</i>	2	4,4%
	<i>Arctocephalus gazella</i>	1	2,2%
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	1	2,2%
	Não Identificado	1	2,2%
Litoral Sul Catarinense	<i>Arctocephalus australis</i>	53	57,0%
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	29	31,2%
	<i>Kogia breviceps</i>	3	3,2%
	<i>Tursiops truncatus</i>	2	2,2%
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	1	1,1%
	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	1	1,1%
	<i>Kogia sima</i>	1	1,1%
	<i>Physeter macrocephalus</i>	1	1,1%
	<i>Stenella coeruleoalba</i>	1	1,1%
	<i>Steno bredanensis</i>	1	1,1%
Total Geral		433	

Ano

Quando avaliados os Índices de Saúde de mamíferos marinhos ao longo dos anos, observa-se um aumento progressivo até o ano de 2020, quando a partir deste, o índice baixa de 17,2 para 16,8 (2021). Este crescimento anual demonstrou que o ano de 2017 apresentou o menor valor médio de IS entre os 5 anos, demonstrando uma melhor condição de saúde dos animais necropsiados neste período. Já o ano de 2020, apresentou a maior média de Índice de Saúde, dando destaque ao *A. tropicalis* com média de 22,5 pontos.

Ressaltamos que a escala de Índice de Saúde de mamíferos marinhos é de 0 a 48, sendo assim, apesar da pequena variação anual, os valores demonstraram um índice de saúde regular para os mamíferos marinhos atendidos pelo PMP-BS.

Habitat

Quando avaliados os IS em relação aos habitats de mamíferos marinhos, foi observada uma maior representatividade de espécies de hábito costeiro, dando destaque a *Pontoporia blainvillei*, a qual apresentou o maior quantitativo de indivíduos quando comparado a todas as espécies e habitats. O aumento no esforço de pesca em áreas costeiras nos últimos anos é provavelmente o maior responsável pelo aumento no número de encalhes de toninha (DAPPER, 2002). Além disso, é importante ressaltar que apesar da maior quantidade de indivíduos

de hábito costeiro, os mesmos apresentaram a menor média de Índice de Saúde calculado.

Quando comparados os animais de habitats oceânico e costeiro/ oceânico, podemos observar pouca variação na média do IS calculado, estando ambos acima da média geral. Este resultado provavelmente está relacionado ao tempo e distância que estes animais percorrem até o encalhe, apresentando escore corporal de magro a caquético e imunossupressão, o que leva a diversas patologias sistêmicas associadas.

Vale novamente salientar que a ausência da avaliação do Índice de Saúde entre os anos de 2017 e 2018 no estado do Rio de Janeiro, pode estar destacando a *Pontoporia blainvillei* como espécie de maior evidência de encalhes, já que nestes mesmos anos, houve um evento de mortalidade em massa da espécie *Sotalia guianensis* na região das baías de Sepetiba e Ilha Grande, causado por um evento epizootico relacionado a um morbilivírus, as quais não foram contabilizadas no índice de saúde.

Causa da Morte

Conforme observado na **Figura V.2.2-7**, animais que apresentam como causa da morte natural e interação antrópica, se encontram acima da linha média, demonstrando um pior IS para estes indivíduos. Tal fato pode ser justificado principalmente pelo número de animais que apresentam interação antrópica com pesca, que leva a um quadro grave de pneumonia devido ao afogamento.

Quando comparadas as causas de morte com as mesorregiões, podemos destacar a prevalência de causa de morte natural em todas as mesorregiões, porém a partir da região do Litoral Sul Paulista até o Litoral Sul Catarinense, é possível observar um aumento do número de animais com causa da morte de origem antrópica, sendo a interação com pesca mais evidentes entre todas.

Já os animais com diagnóstico final como indeterminado, se encontram abaixo da linha média, possivelmente devido ao baixo número de alterações anatomopatológicas encontradas nestes indivíduos.

V.3 CONSIDERAÇÕES

V.3.1 Padrões de encalhes

Esta é a primeira vez no PMP-BS onde se buscou analisar os padrões de encalhe de forma integrada, tanto espacialmente como temporalmente. Em relatórios anteriores isso não havia sido realizado tanto pela pouca representatividade temporal (poucos anos), quanto pela divisão em Áreas SC/PR, SP e RJ, esta última com início posterior às demais áreas. Ao final do que se conhece como o PMP-BS Fase 1, que se estendeu de agosto de 2015 a agosto de 2018, foi realizada uma análise similar (PCAmixdata) utilizando dados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, mas com os dados de aves, mamíferos e tartarugas marinhas juntos. Isto fez com que os padrões nos encalhes não fossem tão claros. Mas naquela análise também se evidenciou o efeito espacial sobre os padrões de encalhes, que refletem os padrões biogeográficos da área de abrangência. A costa de Santa Catarina está dentro da província biogeográfica do Sudoeste do Atlântico Temperado, mas é uma área de transição entre a ecorregião marinha do Rio Grande e a ecorregião marinha do Sudeste do Brasil (Spalding *et al.*, 2010).

V.3.2 Índice de Saúde

Considerando os resultados do Índice de Saúde observados para os grupos taxonômicos, aves obtiveram 14 pontos, tartarugas marinhas 21,9 pontos e mamíferos 15,7 pontos, mantendo todos com uma média de IS entre bom e regular. Quando avaliadas as médias de IS por mesorregião, em todos os grupos é possível observar uma variação entre os litorais Catarinense, Paranaense, Paulista e Carioca, possivelmente influenciadas pela distribuição e biologia das espécies predominantes em cada mesorregião. Como exemplo, podemos citar os Pinguins-de-Magalhães no litoral Sul e as Fragatas no Rio de Janeiro, assim como a diferença nos IS para os Pinípedes que são registrados próximos a suas colônias (Litoral Catarinense) e os que são registrados no Litoral de São Paulo e Rio de Janeiro.

Quando analisamos de forma separada os dados de cada ano, observamos um padrão entre as três classes, onde o cálculo do índice de saúde aumentou progressivamente até 2020, estabilizando no ano de 2021. Já quando analisamos

os indivíduos levando em consideração seu habitat, observamos um padrão diferenciado entre todas as classes. Para mamíferos, observa-se um melhor IS em animais costeiros, podendo estar diretamente ligado a maior causa de morte destes indivíduos que é o afogamento causado por interação com redes de pesca, a qual não causa alterações significativas dos órgãos analisados pelo cálculo do IS. Já para aves e tartarugas marinhas, observa-se um menor IS em indivíduos de habitat oceânico, já que quando comparado aos animais de habitat costeiro, estes últimos sofrem com interações mais agressivas e que causam alterações anatomopatológicas mais evidentes como ingestão de lixo e colisões com embarcações.

Avaliando as classes de acordo com a *causa mortis*, confirmamos as informações obtidas nas outras análises, onde nos mamíferos e nas tartarugas marinhas, o menor valor de índice de saúde é em animais que vieram a óbito devido interação antrópica, já que estes indivíduos sofrem como principal causa de morte o afogamento. Já nas aves marinhas, o menor índice de saúde é em animais que vem a óbito após eutanásia, podendo dar como exemplo as fragatas que sofrem com interação com linha de pipa no Rio de Janeiro. Apesar de apresentarem graves lesões nos membros anteriores, estes indivíduos chegam saudáveis e com escore corporal bom, fazendo com que o índice de saúde permaneça baixo.

V.4 REFERÊNCIAS – ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL INTEGRADA

ALMEIDA, A. DE P., SANTOS, A.J.B., THOMÉ, J.C.A., BELINI, C., BAPTISTOTTE, C., MARCOVALDI, M.Â., SANTOS, A.S. DOS, LOPEZ, M., 2011. Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, 1(1), 12-19. DOI: 10.37002/biobrasil.v1i1.87

BALLANCE, L. T.; PITMAN, R. L.; FIEDLER, P. C. 2006. Oceanographic influences on seabirds and cetaceans of the eastern tropical Pacific: A review. **Progress in Oceanography**, 69(2), 360–390. DOI: 10.1016/j.pocean.2006.03.013

CAMPANA, I.; CROSTI, R.; ANGELETTI, D.; CAROSSO, L.; DAVID, L.; DI-MÉGLIO, N.; ... ARCANGELI, A. 2015. Cetacean response to summer maritime traffic in the Western Mediterranean Sea. **Marine Environmental Research**, 109, 1–8. DOI: 10.1016/j.marenvres.2015.05.009

CASTELÃO, R. M.; CAMPOS, E. J. D.; MILLER, J. L. 2004. A Modelling Study of Coastal Upwelling Driven by Wind and Meanders of the Brazil Current. **Journal of Coastal Research**, 2004(203), 662–672. DOI: 10.2112/1551-5036(2004)20[662: AMSOCU]2.0.CO;2

COSTA, A. P. B., FRUET, P. F., SECCHI, E. R., DAURA-JORGE, F. G., SIMÕES-LOPES, P. C., DI TULLIO, J. C., ROSEL, P. E. 2021. Ecological divergence and speciation in common bottlenose dolphins in the western South Atlantic. **Journal of Evolutionary Biology**, 34(1), 16–32. DOI: 10.1111/jeb.13575

COSTA, A. P. B., ROSEL, P. E., DAURA-JORGE, F. G., SIMÕES-LOPES, P. C. 2016. Offshore and coastal common bottlenose dolphins of the western South Atlantic face-to-face: What the skull and the spine can tell us. **Marine Mammal Science**, 32(4), 1433–1457. DOI: 10.1111/mms.12342

CRESPO, E.A., SCHIAVINI, A.C.M., GARCÍA, N.A., FRANCO-TRECU, V., GOODALL, R.N.P., RODRÍGUEZ, D., STENGHEL MORGANTE, J., DE OLIVEIRA, L.R., 2015. Status, population trend and genetic structure of South American fur seals, *Arctocephalus australis*, in southwestern Atlantic waters. **Marine Mammal Science** 31, 866–890. DOI: 10.1111/mms.12199

DAPPER, C. G. 2002. **Monitoramento das capturas acidentais de toninhas, *Pontoporia blainvillei*, (Cetacea, Pontoporiidae) por operações de pesca com redes de emalhe na costa sul do Rio Grande do Sul**. Monografia apresentada ao curso de Oceanologia da Fundação Universidade do Rio Grande – FURG. Rio Grande. 60pp.

DARBRA, R. M., RONZA, A., STOJANOVIC, T. A., WOOLDRIDGE, C., CASAL, J. 2005. A procedure for identifying significant environmental aspects in sea ports. **Marine Pollution Bulletin**, 50(8), 866–874. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2005.04.037

DO AMARAL, K. B., ALVARES, D. J., HEINZELMANN, L., BORGES-MARTINS, M., SICILIANO, S., MORENO, I. B. 2015. Ecological niche modeling of *Stenella* dolphins (Cetartiodactyla: Delphinidae) in the southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 472, 166–179. DOI: 10.1016/j.jembe.2015.07.013

FERNANDEZ, M.; YESSON, C.; GANNIER, A.; MILLER, P. I.; AZEVEDO, J. M. 2017. The importance of temporal resolution for niche modelling in dynamic marine environments. **Journal of Biogeography**, 44(12), 2816–2827. DOI: 10.1111/jbi.13080

FLACH, L., ALONSO, M.B., MARINHO, T., WAEREBEEK, K.V., BRESSEM, M.-F.V. 2019. Clinical signs in free-ranging Guiana dolphins *Sotalia guianensis* during

a morbillivirus epidemic: case study in Sepetiba Bay, Brazil. **Diseases of Aquatic Organisms** 133: 175–180. DOI: 10.3354/dao03343

GOLDBERG, D.W.; VANSTREELS, R. E.; ALCALA, M. M.; HURTADO, R.; MANTOVANI, P. F.; SERAFINI, P. P.; BARBOSA, A. F. 2021. Unforeseen consequences of the COVID-19 pandemic: Increased frequency of kite-string injuries in magnificent frigatebirds (*Fregata magnificens*) in Rio de Janeiro state, Brazil. **Universities Federation for Animal Welfare**, 2021

GROCH, K. R., SANTOS-NETO, E. B., DÍAZ-DELGADO, J., IKEDA, J. M. P., CARVALHO, R. R., OLIVEIRA, R. B., GUARI, E. B., BISI, T. L., AZEVEDO, A. F., LAILSON-BRITO, J., CATÃO-DIAS, J. L. 2018. Guiana Dolphin Unusual Mortality Event and Link to Cetacean Morbillivirus, Brazil. **Emerging Infectious Diseases**, 24(7), 1349–1354. DOI: 10.3201/eid2407.180139

HASTIE, G. D.; WILSON, B.; TUFFT, L. H.; THOMPSON, P. M. 2003. Bottlenose Dolphins Increase Breathing Synchrony in Response to Boat Traffic. **Marine Mammal Science**, 19(1), 74–84. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2003.tb01093.x

HOHL, L. S. L., SICURO, F. L., WICKERT, J. C., MORENO, I. B., ROCHA-BARBOSA, O., BARRETO, A. S. 2020. Skull morphology of bottlenose dolphins from different ocean populations with emphasis on South America. **Journal of Morphology**, 281(6), 564–577. DOI: 10.1002/jmor.21121

KOVACS, K. M., AGUILAR, A., AURIOLES, D., BURKANOV, V., CAMPAGNA, C., GALES, N., GELATT, T., GOLDSWORTHY, S. D., GOODMAN, S. J., HOFMEYER, G. J. G., HÄRKÖNEN, T., LOWRY, L., LYDERSEN, C., SCHIPPER, J., SIPILÄ, T., SOUTHWELL, C., STUART, S., THOMPSON, D., TRILLMICH, F. 2012. Global threats to pinnipeds. **Marine Mammal Science**, 28(2), 414–436. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2011.00479.x

LEGENDRE, P.; L. LEGENDRE. 2012. **Numerical ecology**, 3rd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam. xvi + 990 pp.

LODI, L., DOMIT, C., LAPORTA, P., TULLIO, J. C. D., MARTINS, C. C. A., VERMEULEN, E. 2016. Report of the Working Group on the Distribution of *Tursiops truncatus* in the Southwest Atlantic Ocean. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, 11(1–2), 29–46. DOI: 10.5597/lajam00214

MARCOVALDI, M. Â., SALES, G., THOMÉ, J. C. A., SILVA, A. C. C. D. DA, GALLO, B. M. G., LIMA, E. H. S. M., ... BELLINI, C. 2006. Sea Turtles and Fishery Interactions in Brazil: Identifying and Mitigating Potential Conflicts. **Marine Turtle Newsletter**, 112, 4–8.

MATANO, R. P.; PALMA, E. D.; PIOLA, A. R. 2010. The influence of the Brazil and Malvinas Currents on the Southwestern Atlantic Shelf circulation. **Ocean Science**, 6(4), 983–995. DOI: 10.5194/os-6-983-2010

MCCLELLAN, C. M.; BRERETON, T.; DELL'AMICO, F.; JOHNS, D. G.; CUCKNELL, A.-C.; PATRICK, S. C.; ... GODLEY, B. J. 2014. Understanding the Distribution of Marine Megafauna in the English Channel Region: Identifying Key Habitats for Conservation within the Busiest Seaway on Earth. **PLOS ONE**, 9(2), e89720. DOI: 10.1371/journal.pone.0089720

MOORE, M. J.; MITCHELL, G. H.; ROWLES, T. K.; EARLY, G. 2020. Dead Cetacean? Beach, Bloat, Float, Sink. **Front. Mar. Sci.** 7:333. DOI: 10.3389/fmars.2020.00333

NEVES, T., OLMOS, F., PEPPE, F., MOHR, L.V. 2006. **Plano de ação nacional para a conservação de albatrozes e petréis: Planacap**, Série Espécies ameaçadas. IBAMA, MMA, Brasília.

OLIVEIRA, A.D., KOLESNIKOVAS, C.K.M., SERAFINI, P.P., MOREIRA, L.M. DE P., PONTALTI, M., SIMÕES-LOPES, P.C., BARRETO, A.S. 2014. Occurrence of Pinnipeds in Santa Catarina between 2000 and 2010. **Latin American Journal of Aquatic Mammals** 9. DOI: 10.5597/lajam00179

OPPEL, S.; MEIRINHO, A.; RAMÍREZ, I.; GARDNER, B.; O'CONNELL, A. F.; MILLER, P. I.; LOUZAO, M. 2012. Comparison of five modelling techniques to predict the spatial distribution and abundance of seabirds. **Biological Conservation**, 156, 94–104. DOI: 10.1016/j.biocon.2011.11.013

PANIGADA, S.; PESANTE, G.; ZANARDELLI, M.; CAPOULADE, F.; GANNIER, A.; WEINRICH, M. T. 2006. Mediterranean fin whales at risk from fatal ship strikes. **Marine Pollution Bulletin**, 52(10), 1287–1298. DOI:10.1016/j.marpolbul.2006.03.014

PELTIER, H.; DABIN, W.; DANIEL, P.; VAN CANNEYT, O.; DORÉMUS, G.; HUON, M.; RIDOUX, V. 2012. The significance of stranding data as indicators of cetacean populations at sea: Modelling the drift of cetacean carcasses. **Ecological Indicators**, 18, 278–290. DOI:10.1016/j.ecolind.2011.11.014

PETROBRAS. 2019. **3º Relatório Técnico Anual (setembro/2017 a agosto/2018)** - Gerenciamento e Execução do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacias de Santos – Fase 1. Versão 02. (p. 401). Itajaí, SC: UNIVALI/PETROBRAS.

PRADO, J. H. F.; MATTOS, P. H.; SILVA, K. G.; SECCHI, E. R. 2016. Long-Term Seasonal and Interannual Patterns of Marine Mammal Strandings in Subtropical

Western South Atlantic. **PLoS ONE**, 11(1), e0146339. DOI: 10.1371/journal.pone.0146339

PRADO, J.H.F.; E.R. SECCHI, P.G. KINAS. 2013. Mark-recapture of the endangered franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) killed in gillnet fisheries to estimate past bycatch from time series of stranded carcasses in southern Brazil. **Ecological Indicators** 32: 35–41. DOI:10.1016/j.ecolind.2013.03.005.

QCBS – Quebec Centre for Biodiversity Science 2022. **Workshop 10: Advanced Multivariate Analyses in R**. Disponível em <<http://r.qcbs.ca/workshop10/book-en/index.html>>. Acessado em 05/05/2022.

REISFELD, L. C. 2016. **Alterações anatomopatológicas em lobos-marinhos (Otariidae) encontrados na costa do Brasil**. São Paulo. Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado.

ROCHA-CAMPOS, C. C.; CÂMARA, I. G.; PRETTO, D. J. (Org.). 2011. **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos Aquáticos - Pequenos Cetáceos**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

ROCHA-CAMPOS, C. C.; DANILEWICZ, D. S.; SICILIANO, S.; DI BENEDITTO, A. P. M. (Eds.). 2010. **Toninha *Pontoporia blainvillei*: plano de ação nacional para a conservação do pequeno cetáceo**. Brasília: ICMBio-Instituto Chico Mendes, MMA.

SANTOS, A.S. DOS, SOARES, L.S. E, MARCOVALDI, M.Â., MONTEIRO, D. DA S., GIFFONI, B., ALMEIDA, A. DE P. 2011. Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Caretta caretta* Linnaeus, 1758 no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 1(1), 3-11.

STRUB, P.T., JAMES, C., COMBES, V., MATANO, R.P., PIOLA, A.R., PALMA, E.D., SARACENO, M., GUERRERO, R.A., FENCO, H., RUIZ-ETCHEVERRY, L.A., 2015. Altimeter-derived seasonal circulation on the southwest Atlantic shelf: 27°–43°S. **Journal of Geophysical Research: Oceans** 120, 3391–3418. DOI: 10.1002/2015JC010769

TREMBLAY, Y.; BERTRAND, S.; HENRY, R. W.; KAPPES, M. A.; COSTA, D. P.; SHAFFER, S. A. 2009. Analytical approaches to investigating seabird–environment interactions: a review. **Marine Ecology Progress Series**, 391, 153–163. DOI: 10.3354/meps08146

VIRGILI, A., TEILLARD, V., DORÉMUS, G., DUNN, T. E., LARAN, S., LEWIS, M., LOUZAO, M., MARTÍNEZ-CEDEIRA, J., PETTEX, E., RUIZ, L., SAAVEDRA, C., SANTOS, M. B., VAN CANNEYT, O., VÁZQUEZ BONALES, J. A., RIDOUX, V.

2022. Deep ocean drivers better explain habitat preferences of sperm whales *Physeter macrocephalus* than beaked whales in the Bay of Biscay. **Scientific Reports**, 12(1), 9620. DOI: 10.1038/s41598-022-13546-x

WELLS, R. S.; ALLEN, J. B.; LOVEWELL, G.; GORZELANY, J.; DELYNN, R. E.; FAUQUIER, D. A.; BARROS, N. B. 2015. Carcass-recovery rates for resident bottlenose dolphins in Sarasota Bay, Florida. **Marine Mammal Science**, 31(1), 355–368. DOI:10.1111/mms.12142

WICKERT, J. C., VON EYE, S. M., OLIVEIRA, L. R., MORENO, I. B. 2016. Revalidation of *Tursiops gephyreus* Lahille, 1908 (Cetartiodactyla: Delphinidae) from the southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Mammalogy**, 97(6), 1728–1737. DOI: 10.1093/jmammal/gyw139

WISNIEWSKA, D. M.; JOHNSON, M.; TEILMANN, J.; SIEBERT, U.; GALATIUS, A.; DIETZ, R.; MADSEN, P. T. 2018. High rates of vessel noise disrupt foraging in wild harbour porpoises (*Phocoena*). **Proc. R. Soc. B**, 285(1872), 20172314. DOI: 10.1098/rspb.2017.2314

VI. **HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA)**

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) constituem uma classe de compostos orgânicos semivoláteis com pelo menos dois anéis benzênicos condensados, podendo apresentar ramificações de cadeias alifáticas (alquil-HPA). Os HPA são amplamente distribuídos no ambiente e são encontrados em todos os compartimentos: atmosfera, água, sedimentos e biota. As propriedades físico-químicas destes compostos e os processos de distribuição e transformação, como evaporação, dissolução, sedimentação, foto-oxidação e biodegradação, determinam o destino dos HPA no ambiente (NEFF, 2002; STOUT *et al.*, 2002; STOUT e WANG, 2007).

O número e posição dos anéis aromáticos afetam as propriedades físicas e químicas dos HPA, seu comportamento ambiental e suas interações com a biota (UNEP/IOC/IAEA, 1992). Em geral suas características físico-químicas incluem altos pontos de fusão e ebulição, baixa pressão de vapor e baixa solubilidade em água. Além disso são hidrofóbicos e lipofílicos (SKUPINSKA *et al.*, 2004; BJORSETH, 1983). A característica hidrofóbica dos HPA faz com que eles apresentem alta afinidade por frações orgânicas e, por isso, os HPA tendem a se adsorver ao material orgânico particulado e se acumular nos sedimentos (CHU & CHAN, 2000; MCELROY *et al.*, 1989).

Quando liberados no ambiente marinho, uma parte dos HPA é evaporada, uma parte é solubilizada na água do mar e outra parte tende a se adsorver rapidamente a materiais suspensos e sedimentos. A absorção dos HPA pelos organismos marinhos ocorre principalmente pela fração solúvel e particulada através do contato com as brânquias e ou então através da dieta. Porém a absorção dos HPA depende da sua biodisponibilidade e da fisiologia dos organismos envolvidos (MEADOR *et al.*, 1995). Nos vertebrados, a maioria dos HPA absorvidos é eficientemente biotransformada por enzimas que aumentam sua solubilidade em água permitindo a sua excreção, enquanto nos invertebrados a capacidade metabólica é inferior (JONSSON *et al.*, 2004; MEADOR *et al.*, 1995). Deste modo, os HPA são mais facilmente metabolizados por vertebrados do que por

invertebrados e, por essa razão eles não são biomagnificados nas cadeias alimentares marinhas (HYLLAND, 2006).

Diversos HPA são classificados como tóxicos, sendo que alguns deles apresentam propriedades mutagênicas e carcinogênicas (NEFF, 1979). Consequentemente, a avaliação desses HPA tem sido incorporada em programas de monitoramento de agências ambientais (USEPA, 1993; USEPA, 1995; WEBSTER *et al.*, 2017).

Os HPA podem ser formados através de diferentes processos e são classificados de acordo com sua origem, petrogênicos (derivados de combustíveis fósseis), pirogênicos (derivados de queima de matéria orgânica) e biogênicos (YUNKER *et al.*, 2002). Os HPA podem ainda serem sintetizados por algumas bactérias, plantas ou fungos (BAKHTIARI *et al.*, 2010; WILCKE *et al.*, 2003) e podem ser formados a partir de reações diagenéticas que envolvem a transformação recente da matéria orgânica (VENKATESAN, 1988; WAKEHAM *et al.*, 1980). Entretanto, que as atividades antropogênicas são as maiores responsáveis pela liberação de HPA no ambiente marinho (MCELROY *et al.*, 1989).

Os HPA antropogênicos presentes no ambiente marinho são provenientes principalmente de introdução direta de petróleo e derivados ou da queima incompleta de combustíveis fósseis (NRC, 1985). As diferentes fontes contêm, em geral, os mesmos compostos. As diferenças relativas entre alguns desses compostos podem ser usadas como forma de identificação da sua origem (YUNKER *et al.*, 2002). Vale ressaltar que as razões diagnósticas para identificação de fontes de HPA (petrogênica, pirolítica ou biogênica) estão bem estabelecidas para sedimentos. Há alguns poucos trabalhos em que são realizadas as avaliações da origem dos HPA em organismos como bivalves e peixes. Contudo, a revisão da literatura mostrou que a utilização das razões diagnósticas de HPA é muito incipiente para os trabalhos realizados com tetrápodes marinhos. WAN *et al.* (2007) descreve que a diluição dos HPA ao longo da teia trófica é resultado da combinação da baixa capacidade de assimilação de HPA e alta capacidade de metabolização desses compostos por organismos em posição superior na teia trófica. BROMAN *et al.* (1990) TAKEUCHI *et al.* (2009) e mencionam que o fluxo de HPA através da teia trófica não resulta no aumento de sua concentração com a elevação na teia

trófica, o que indica que os HPA são transformados rapidamente. Dessa forma, uma vez que esses animais possuem uma alta capacidade de metabolização dos HPA, as proporções entre os HPA individuais se alteram rapidamente, o que dificulta o estabelecimento de um índice ou razão diagnóstica para a avaliação da contaminação por petróleo.

VI.1 MÉTODOS

Determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

Para os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) foram considerados nesse trabalho os 16 HPA prioritários segundo a Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA) (naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-c,d)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(g,h,i)perileno), os compostos dibenzotiofeno, perileno e benzo(e)pireno, além dos seguintes HPA alquilados: C1- a C4- naftalenos, C1- a C3- fluorenos, C1- a C3- dibenzotiofenos, C1- a C4- fenantrenos-antracenos, C1- e C2- fluorantenos-pirenos, e C1- e C2- crisenos.

Os procedimentos analíticos seguiram as recomendações das normas da Agência de Proteção Ambiental Americana - USEPA 3540C (extração), USEPA 3610, USEPA 3630 e USEPA 3640 (purificação) e USEPA 8270E e USEPA 8081B (quantificação), com algumas adaptações baseadas no documento da Administração Americana para o Oceano e Atmosfera (NOAA) descrito em WADE e CANTILLO (1994).

Materiais

Todo material utilizado, vidraria, pinças, lâminas, etc., foi imerso em solução com detergente alcalino, Extran®, durante 24 horas, enxaguado, rinsado com água deionizada, seco em estufa ou em temperatura ambiente no caso de materiais volumétricos. Após seco, todo o material foi descontaminado com diclorometano e n-hexano antes da utilização. De forma alternativa, quando as características do material permitiram, o material foi calcinado a 400°C durante 4 horas.

Agentes secantes e adsorventes como sulfato de sódio (J. T. Baker, EUA), sílica e alumina (Merck, Alemanha) foram calcinados a 400°C antes de serem utilizados. Os solventes utilizados, n-hexano e diclorometano (J. T. Baker, EUA) foram de pureza grau-pesticida. A água utilizada para desativar a sílica e a alumina foi deionizada e posteriormente extraída três vezes com n-hexano.

Determinação do teor de umidade

A determinação do teor de umidade foi realizada por gravimetria. Para tanto entre 0,3 e 0,5 g de cada uma das amostras de tecido foi transferido para um frasco de vidro previamente pesado em balança analítica e mantido em estufa aberta (30°C) até verificação de peso constante. Com a diferença entre a massa úmida e a massa seca foi calculado o teor de umidade em porcentagem.

Extração

A extração dos tecidos dos organismos foi baseada no método USEPA 3540C. Utilizou-se 0,25 g de amostra de tecido úmido previamente triturado e homogeneizado, que foi macerado com 10 g de sulfato de sódio anidro. Foi adicionado o padrão sub-rogado p-terfenil-d₁₄ (500 ng). Procedeu-se a extração em Soxhlet por 8 horas com n-hexano e diclorometano (1:1 v:v). Os extratos foram concentrados para 1 mL em evaporador rotativo com pressão reduzida ou em evaporador TuboVap®II (Biotage), de onde se retirou 0,1 mL para determinação do teor lipídico por gravimetria.

Determinação do teor lipídico

Para a determinação do teor lipídico foi separado 0,1 mL dos extratos orgânicos concentrados, conforme citado. Este volume foi transferido para um frasco de vidro previamente pesado em balança analítica. Após a evaporação total do solvente em temperatura ambiente, cada frasco foi novamente pesado e a diferença de massa (resíduo) foi utilizada no cálculo do teor de lipídios em porcentagem (USEPA 8290 adaptado; MAGALHÃES *et al.*, 2017; LOURENÇO *et al.*, 2019).

Purificação

Para a etapa de purificação dos extratos orgânicos contendo os HPA foi seguida a metodologia adaptada dos protocolos USEPA 3610, USEPA 3630 e USEPA 3640. Os 0,9 mL restantes de cada um dos extratos foram eluídos com 80 mL de mistura n-hexano e diclorometano (1:1, v:v) através de coluna de vidro (25 cm de altura x 1,5 cm de diâmetro interno) contendo 8 gramas de sílica gel sobre 16 gramas de alumina e 1 grama de sulfato de sódio no topo. A sílica e a alumina foram previamente desativadas 5% com água (água deionizada e extraída com n-hexano). O eluato foi então concentrado para 1,0 mL e injetado no cromatógrafo a líquido de alta eficiência (CLAE) da Agilent (1260 Infinity II) acoplado a um detector de comprimento de onda variável (Agilent 1260 VWD) equipado com uma pré-coluna (Phenogel Guard 10 μ m, 50 x 7,8 mm, Phenomenex, EUA) conectada em série com duas colunas de exclusão por tamanho (Phenogel 10 μ m, 100 Å, 22,5 x 250 mm, Phenomenex, EUA). Diclorometano com um fluxo de 5 mL min⁻¹ foi utilizado para a eluição dos compostos. Para o monitoramento da eluição dos HPA nas colunas foi utilizado o detector UV/visível em 254 nm. A fração de 0 a 30 min foi descartada e foi coletada a fração contendo os HPA, entre 30 e 40 min de eluição.

Os extratos contendo os HPA foram concentrados e foram adicionados os padrões internos (naftaleno-d₈, acenafteno-d₁₀, fenantreno-d₁₀, criseno-d₁₂ e perileno-d₁₂, concentração final de 500 ng mL⁻¹ de cada), totalizando o volume de 900 μ L.

Quantificação

A análise e a quantificação dos HPA foram realizadas utilizando cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas (CG-EM Agilent Technologies 6890/5973N) operando em modo de monitoramento seletivo de íons (SIM), seguindo o disposto no protocolo USEPA 8270E.

A temperatura no injetor e na interface foi programada em 280°C e a temperatura na fonte de íons foi programada em 300°C. O injetor foi equipado com septo Merlin Microseal® (Merlin Instrument Company, USA). Foi utilizada uma coluna cromatográfica HP-5MS (Agilent J&W GC Columns) com 30 metros de

comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de espessura de filme de 5% fenilmetilsiloxana. A programação do forno teve início em 40°C mantidos por 2 min, então a temperatura foi aumentada nas taxas de 25°C min⁻¹ até 100°C, de 5°C min⁻¹ até 230°C, e de 2°C min⁻¹ até 270°C, onde permaneceu por 5 minutos e, por fim, na taxa de 5°C min⁻¹ até 300°C.

O equipamento foi calibrado utilizando uma curva de calibração no limite inferior de sensibilidade, abrangendo a faixa de concentração entre 2,5 ng mL⁻¹ e 500 ng mL⁻¹ (2,5 ng mL⁻¹, 5,0 ng mL⁻¹, 25 ng mL⁻¹, 50 ng mL⁻¹, 250 ng mL⁻¹ e 500 ng mL⁻¹) contendo os 16 HPA prioritários controlados pelo método, além do dibenzotiofeno, benzo(e)pireno e perileno. A equação de reta da curva de calibração de cada um dos compostos apresentou coeficiente de determinação (R²) superior a 0,99. A quantificação foi baseada na padronização interna. Os HPA alugados foram determinados utilizando-se a curva de calibração do homólogo não alugado. Os limites de detecção do método (LD) foram definidos como 3 vezes o desvio padrão (DP) da quantificação de 7 replicatas de uma amostra (LD = 3 x DP) (WADE e CANTILLO, 1994). O limite de quantificação do método (LQ) foi definido pelo primeiro ponto da curva de calibração. LD e LQ para cada composto foram calculados em relação à massa extraída.

Controle de Qualidade

Para o controle de qualidade das análises, juntamente com cada batelada de extração de amostras, foram analisados um branco (sulfato de sódio), um branco e uma amostra fortificados, ou seja, acrescidos dos compostos de interesse. Foram realizadas também, periodicamente, as análises de materiais de referência para HPA (NIST, SRM 2974a, *Organics in Freeze-Dried Mussel Tissue - Mytilus edulis*).

Foram considerados válidos os resultados das amostras em que a recuperação dos padrões sub-rogados e a recuperação dos compostos adicionadas aos brancos e às amostras fortificadas estiveram entre 45 e 120%. As amostras cujas recuperações dos compostos estiveram fora dessa faixa foram reanalisadas. A análise dos materiais de referência tem demonstrado a precisão e exatidão do método analítico empregado.

VI.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados a seguir os resultados das análises de HPA em tecido hepático e tecido adiposo de tetrápodes marinhos (aves, tartarugas e mamíferos) cujas necropsias ocorreram entre julho de 2016 e dezembro de 2021.

VI.2.1 Aves marinhas

Foram analisadas 1892 amostras de tecidos de aves marinhas, sendo 1669 amostras de tecido hepático e 223 amostras de tecido adiposo que foram obtidas de 1724 indivíduos de 35 espécies, 656 machos e 1050 fêmeas, além de 18 indivíduos com o sexo indefinido. No *Apêndice 6 – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos* são apresentados de forma detalhada os dados de cada indivíduo analisado e os resultados de HPA encontrados nessas amostras.

Na Tabela VI.2.1-1 é apresentado o resumo da incidência de quantificação de HPA nas amostras.

Tabela VI.2.1-1 – Resumo da incidência de quantificação de HPA em aves, por indivíduo, por tecido (hepático, TCH e adiposo, TCA) e por sexo dos animais.

Aves	Total	Com HPA	% Quantificação de HPA
nº de Indivíduos	1724	436	25
nº de Amostras	1892	459	24
nº de amostras de TCH	1669	370	22
nº de amostras de TCA	223	89	40
nº de Machos	656	194	30
nº de Fêmeas	1050	239	23
Indefinido	18	3	17

Considerando o número de indivíduos em que houve quantificação de HPA em pelo menos um dos tecidos, foram quantificados HPA em 436 animais de 20 espécies que serão descritas a seguir, o que representa 25% dos 1724 animais analisados.

Os HPA foram quantificados em 459 amostras, ou 24% do total analisado, 370 destas amostras foram de tecido hepático (22% do total de amostras de tecido hepático analisado) e 89 de tecido adiposo (40% do total de amostras de tecido adiposo analisado).

As concentrações totais de HPA nas amostras de tecido hepático variaram, em peso úmido, entre <LD e 8179 ng g⁻¹, enquanto nas amostras de tecido adiposo as concentrações totais de HPA variaram entre <LD e 237 ng g⁻¹.

Destas 459 amostras onde os HPA foram quantificados, 303 amostras (ou 66%) apresentaram o naftaleno como o único composto quantificado. Com algumas poucas exceções, nas amostras em que foram quantificados HPA, as concentrações totais de HPA foram inferiores a 200 ng g⁻¹ pu, que podem ser consideradas relativamente baixas, considerando-se as concentrações de HPA descritas para aves nas revisões bibliográficas realizadas por SANSEVERINO e MENICONI (2015) e por BÍCEGO *et al.* (2018), onde foram reportadas concentrações de HPA totais (somatório de 42 HPA) de até 6861 ng g⁻¹ (pu) nos tecidos adiposo e de 1350 ng g⁻¹ (pu) (somatório de 22 HPA) de aves.

Na Tabela VI.2.1-2 são apresentados os intervalos das concentrações de HPA nos tecidos de cada espécie.

Apesar do n amostral para a maioria das espécies de aves analisadas ser baixo, apenas 10 espécies com n amostral superior a 20 (*Calonectris diomedea*, n=29; *Fregata magnificens*, n=64; *Larus dominicanus*, n=217; *Phalacrocorax brasilianus*, n=89; *Procellaria aequinoctialis*, n=27; *Puffinus gravis*, n=20; *Puffinus puffinus*, n=230; *Spheniscus magellanicus*, n=800; *Sterna hirundinacea*, n=22; e *Sula leucogaster*, n=144), algumas considerações podem ser feitas.

As concentrações encontradas nas amostras são similares, para cada espécie, entre os diferentes trechos de praia monitorados pelo PMP-BS, de forma que não houve uma correlação significativa entre o local de coleta e a concentração de HPA.

Tabela VI.2.1-2 – Intervalos de concentração de HPA nas amostras de aves marinhas. Concentrações em peso úmido (ng g⁻¹).

Espécie / Intervalo de concentração	nº de indivíduos	nº de amostras	nº de amostras de TCH	nº de amostras de TCA	nº de amostras de TCH com HPA	nº de amostras de TCA com HPA	ΣHPA em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA em TCA (ng g ⁻¹)	ΣHPA leves em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA leves em TCA (ng g ⁻¹)	ΣHPA pesados em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA pesados em TCA (ng g ⁻¹)	Naftaleno em TCH* (%)	Naftaleno em TCA* (%)
<i>Calidris alba</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Calonectris diomedea</i>	29	29	29	0	7	0	<LD -56,7	<LD	<LD -56,7	<LD	<LD -14	<LD	30-100	0
<i>Calonectris edwardsii</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Charadrius collaris</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Charadrius semipalmatus</i>	2	2	2	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Daption capense</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Fregata magnificens</i>	64	83	60	23	10	6	<LD -177,7	<LD -49	<LD -177,7	<LD -49	<LD	<LD	52-100	32-100
<i>Fulmarus glacialis</i>	1	1	1	0	1	0	17,8	<LD	17,8	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Haematopus palliatus</i>	4	6	4	2	1	0	88,3	<LD	28	<LD	<LD -59,9	<LD	32	0
<i>Halobaena caerulea</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Himantopus melanurus</i>	1	2	1	1	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Larus dominicanus</i>	217	252	215	37	74	17	<LD -2617	<LD -214,1	<LD -2364,2	<LD -214,1	<LD -298,9	<LD	3-100	48-100
<i>Macronectes giganteus</i>	3	3	3	0	1	0	26,8	<LD	26,8	<LD	<LD	<LD	100	0
<i>Oceanites oceanicus</i>	5	5	5	0	3	0	<LD -30,4	<LD	<LD -30,4	<LD	<LD	<LD	100	0
<i>Pachyptila desolata</i>	4	4	4	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	89	98	85	13	26	5	<LD -701,6	<LD -139,8	<LD -701,6	<LD -139,8	<LD -9	<LD	38-100	100
<i>Phimosus infuscatus</i>	1	2	1	1	0	1	<LD	18,2	<LD	18,2	<LD	<LD	0	100
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	27	27	24	3	3	1	<LD -68,7	<LD -158,8	<LD -68,7	<LD -158,8	<LD	<LD	100	10
<i>Pterodroma incerta</i>	2	2	2	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Pterodroma mollis</i>	5	5	5	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Puffinus gravis</i>	20	20	19	1	3	0	<LD -19,5	<LD	<LD -19,5	<LD	<LD	<LD	100	0
<i>Puffinus griseus</i>	3	3	3	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Puffinus puffinus</i>	230	230	228	2	60	0	<LD -296,3	<LD	<LD -281,7	<LD	<LD -52,4	<LD	40-100	0
<i>Rynchops niger</i>	2	2	2	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Spheniscus magellanicus</i>	800	866	772	94	142	39	<LD -436,3	<LD -153,2	<LD -366,3	<LD -105,6	<LD -399,6	<LD -124,6	6-100	19-100
<i>Stercorarius antarcticus</i>	1	1	1	0	1	0	12,7	<LD	12,7	<LD	<LD	<LD	100	0
<i>Stercorarius parasiticus</i>	2	2	2	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Sterna hirundinacea</i>	22	24	22	2	4	1	<LD -255,9	<LD -20,6	<LD -224	<LD -20,6	<LD -31,9	<LD	59-100	100
<i>Sterna hirundo</i>	7	7	7	0	1	0	14,9	<LD	14,9	<LD	<LD	<LD	100	0
<i>Sterna trudeaui</i>	2	2	2	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Sula leucogaster</i>	144	176	135	41	26	19	<LD -8179,4	<LD -237,3	<LD -6665	<LD -224,4	<LD -1514,3	<LD -70,3	54-100	12-100
<i>Thalassarche chlororhynchus</i>	5	5	5	0	2	0	<LD -70,3	<LD	<LD -70,3	<LD	<LD	<LD	100	0
<i>Thalassarche melanophris</i>	16	16	15	1	4	0	<LD -105,8	<LD	<LD -105,8	<LD	<LD	<LD	100	0
<i>Thalasseus acutifidus</i>	10	11	9	2	1	0	34,2	<LD	34,2	<LD	<LD	<LD	100	0
<i>Thalasseus maximus</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0

* Considerando apenas as amostras onde os HPA foram quantificados

LD = 0,6 ng g⁻¹

HPA Leves: 2 e 3 anéis aromáticos

HPA Pesados: 4 a 6 anéis aromáticos

Apesar do n amostral para a maioria das espécies de aves analisadas ser baixo, apenas 10 espécies com n amostral superior a 20 (*Calonectris diomedea*, n=29; *Fregata magnificens*, n=64; *Larus dominicanus*, n=217; *Phalacrocorax brasilianus*, n=89; *Procellaria aequinoctialis*, n=27; *Puffinus gravis*, n=20; *Puffinus puffinus*, n=230; *Spheniscus magellanicus*, n=800; *Sterna hirundinacea*, n=22; *Sula leucogaster*, n=144), algumas considerações podem ser feitas.

As concentrações encontradas nas amostras são similares, para cada espécie, entre os diferentes trechos de praia monitorados pelo PMP-BS, de forma que não houve uma correlação significativa entre o local de coleta e a concentração de HPA.

Considerando a incidência de quantificação de HPA em aves nos diferentes locais de encalhe dos animais (Figura VI.2.1-1), foram quantificados HPA em 38% dos indivíduos coletados no Trecho 5 (Itapoá a Araquari/SC) (67 dos 175 indivíduos analisados apresentaram HPA), seguido do Trecho 6 (Guaraqueçaba a Guaratuba/PR) com 32% (69 dos 215 indivíduos analisados apresentaram quantificação de HPA), seguido dos Trechos 7 (Iguape a Cananéia/SP) e 10 (Ubatuba a São Sebastião/SP) com 30% (53 dos 175, e 25 dos 83 animais analisados com quantificação de HPA, respectivamente), Trecho 4 (Barra Velha a Governador Celso Ramos/SC) com 29% (dos 100 indivíduos analisados, 29 apresentaram quantificação de HPA), Trecho 3 (Florianópolis/SC) com 24% (68 dos 286 indivíduos analisados apresentaram quantificação de HPA), Trecho 9 (Bertioga e São Vicente/SP) com 23% (10 dos 44 indivíduos analisados apresentaram quantificação de HPA), Trecho 11 a 15 (Saquarema a Paraty/RJ) com 22% (dos 246 indivíduos analisados, 55 exibiram quantificação de HPA) e Trecho 8 (Praia Grande a Peruíbe/SP) com 20% (37 dos 184 indivíduos analisados apresentaram quantificação de HPA).

Na Figura VI.2.1-1 é apresentada também a incidência de indivíduos com HPA em cada um dos tecidos analisados, hepático (Figura VI.2.1-1 B) e adiposo (Figura VI.2.1-1 C).

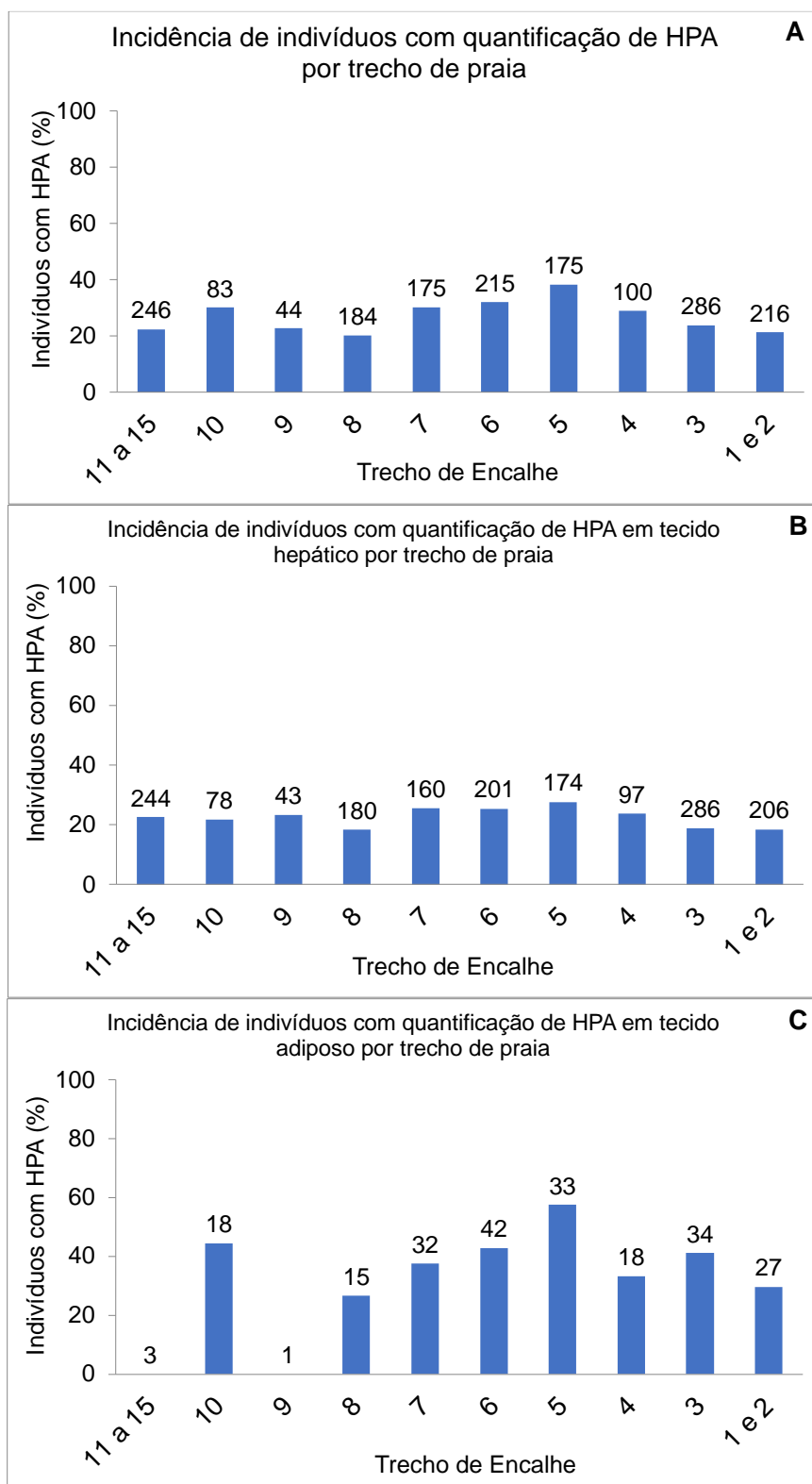


Figura VI.2.1-1 – Incidência (%) de indivíduos (aves) com quantificação de HPA em: (A) pelo menos um dos tecidos por trecho de praia, (B) no tecido hepático por trecho de praia, (C) no tecido adiposo por trecho de praia. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada trecho com tecido biológico analisado.

A análise da incidência de HPA por espécie requer ressalvas pois, das 35 espécies de aves com tecidos analisados, a maioria tem n amostral baixo, inferior a 20. Considerando as 10 espécies com n amostral superior a 20, as maiores incidências de HPA em pelo menos um dos tecidos foram observadas nas espécies *Larus dominicanus*, 39% dos indivíduos com quantificação de HPA (85 dos 217 indivíduos analisados), seguida por *Phalacrocorax brasilianus*, 33% (HPA quantificados em 29 dos 89 indivíduos), *Sula leucogaster*, 28% (HPA em 41 dos 144 indivíduos), *Puffinus puffinus*, 26% (60 dos 230 indivíduos analisados apresentaram HPA), *Calonectris diomedea*, 24% (HPA em 7 dos 29 indivíduos analisados), *Sterna hirundinacea*, 23% (HPA em 5 dos 22 indivíduos analisados), *Fregata magnificens* e *Spheniscus magellanicus*, 22% (HPA em 14 dos 64, e em 172 dos 800 indivíduos analisados, respectivamente) e *Procellaria aequinoctialis* e *Puffinus gravis*, 15% (HPA em 4 dos 27, e em 3 dos 20 indivíduos analisados, respectivamente). A incidência de HPA considerando-se os indivíduos por espécies é apresentada na Figura VI.2.1-2 A. A incidência de quantificação de HPA com relação ao total de amostras, isto é, quando são considerados os tecidos, adiposo e hepático, segue o padrão de distribuição por espécie (Figura VI.2.1-2 B) semelhante ao observado para quando considerada a incidência de quantificação de HPA para o total de indivíduos (Figura VI.2.1-2 A).

Em relação aos estágios de desenvolvimento, não se observou distinção de incidência de HPA entre os diferentes estágios, filhote, juvenil e adulto (Figura VI.2.1-3 A). Em média, houve quantificação de HPA em 23% dos indivíduos juvenis ou adultos. Para os filhotes, foram analisadas apenas 4 amostras, com quantificação de HPA em apenas uma delas. Também não houve diferenciação quando se avaliou o estágio de desenvolvimento (juvenis e adultos) em relação ao tecido analisado (Figura VI.2.1-3 B e C).

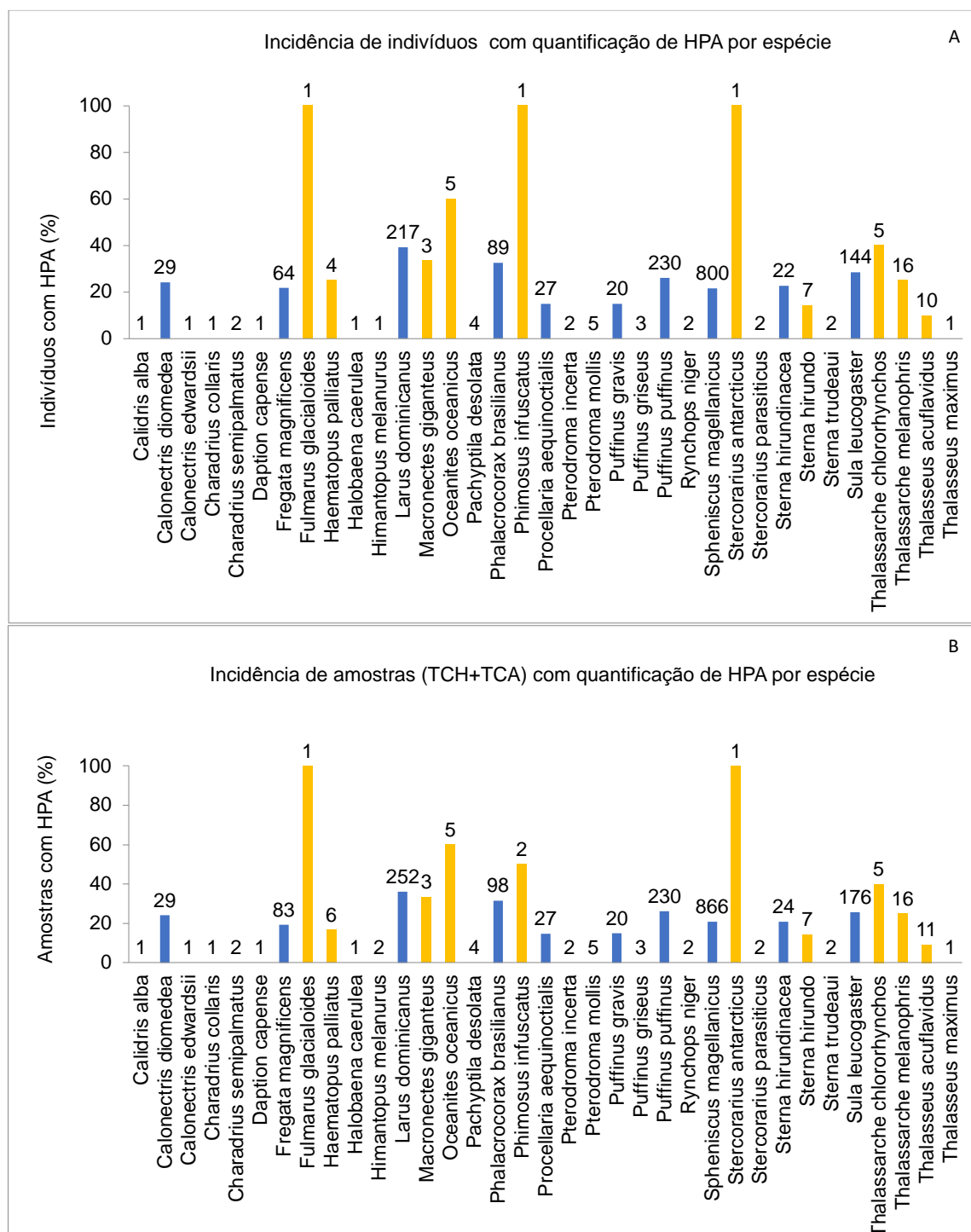


Figura VI.2.1-2 – (A) Incidência (%) de indivíduos (aves) com quantificação de HPA em pelo menos um dos tecidos por espécie. (B) incidência (%) de amostras (tecido hepático + tecido adiposo) com quantificação de HPA por espécie. Os números sobre as barras representam o número total de (A) indivíduos e (B) amostras, de cada espécie. As espécies com n amostral inferior a 20 estão destacados em amarelo.

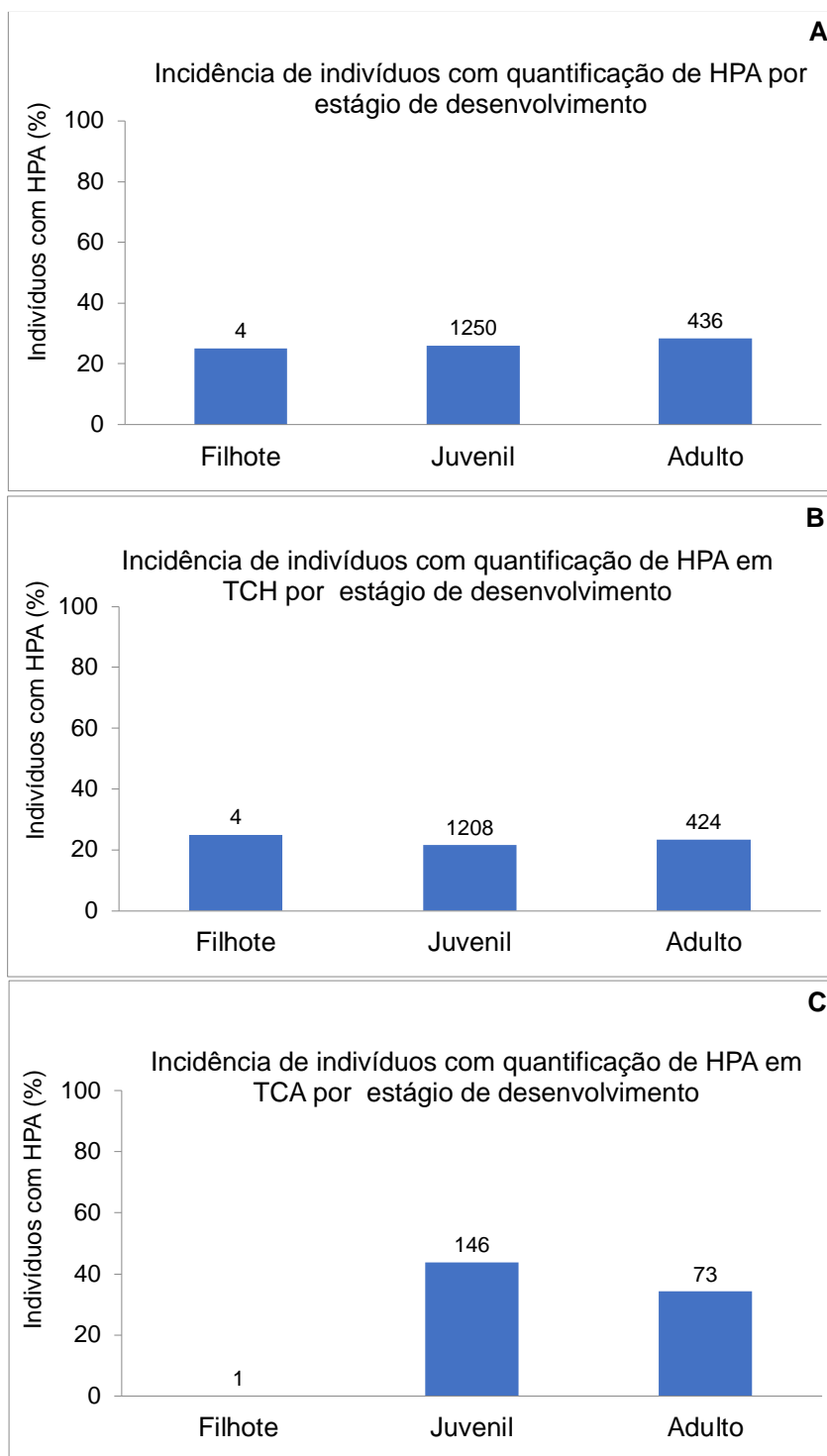


Figura VI.2.1-3 – Incidência (%) de indivíduos (aves) com quantificação de HPA em: (A) pelo menos um dos tecidos por estágio de desenvolvimento, (B) no tecido hepático por estágio de desenvolvimento, (C) no tecido adiposo por estágio de desenvolvimento. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos em cada estágio.

Considerando o sexo dos indivíduos, em 30% dos indivíduos machos foram quantificados HPA em pelo menos um dos tecidos, contra 20% nas fêmeas, sugerindo uma maior acumulação de HPA em indivíduos machos. Se forem consideradas apenas as amostras em que houve quantificação de HPA, as concentrações, em peso úmido, são semelhantes entre os sexos, a média e a mediana das concentrações nos machos são 108 ng g^{-1} e 28 ng g^{-1} , respectivamente, com desvio padrão de $\pm 583 \text{ ng g}^{-1}$, nas fêmeas a média e a mediana das concentrações são 54 ng g^{-1} e 26 ng g^{-1} , respectivamente, com desvio padrão de $\pm 171 \text{ ng g}^{-1}$.

Apesar da maior incidência de HPA no tecido adiposo das aves (40%) em relação ao tecido hepático (22%), não é possível inferir uma preferência de acumulação de HPA em um ou outro tecido, uma vez que na maior parte das amostras as concentrações foram inferiores ao limite de detecção do método analítico e, quando houve quantificação de HPA em ambos os tecidos do mesmo indivíduo, as concentrações foram semelhantes. Considerando apenas as amostras em que houve quantificação, as concentrações são similares. No tecido hepático a média e a mediana, em peso úmido, das concentrações são 86 ng g^{-1} e 27 ng g^{-1} , respectivamente, com desvio padrão de $\pm 454 \text{ ng g}^{-1}$. No tecido adiposo a média e a mediana, em peso úmido, das concentrações são 43 ng g^{-1} e 26 ng g^{-1} , respectivamente, com desvio padrão de $\pm 44 \text{ ng g}^{-1}$.

O agrupamento das aves pelo escore corporal mostrou uma tendência de maior incidência de HPA em indivíduos com melhor escore corporal quando considerados os dois tecidos analisados. Quando os tecidos são desagrupados, no tecido adiposo ocorre uma menor incidência de HPA nos animais com escore corporal ótimo do que nos de escore corporal bom (Figura VI.2.1-4). As concentrações médias de HPA totais por escore corporal seguem tendência similar à da incidência (Figura VI.2.1-5), ou seja, quanto melhor o escore corporal, maior a concentração média de HPA encontrada no animal. Pode-se aventar que a maior incidência e a maior concentração de HPA em animais com melhor escore corporal esteja relacionada com a capacidade de metabolização dos HPA pelas aves. Considerando que a principal via de absorção dos HPA seja a alimentação, a incidência e a concentração desses compostos tende a diminuir durante a fase de

emagrecimento dos animais, dada sua capacidade de metabolizar e excretar esses compostos, fazendo com que quanto pior o escore corporal, menor a incidência e menor a concentração de HPA nos organismos.

A avaliação temporal da incidência de quantificação de HPA nas aves e das concentrações média ao longo dos anos, considerando todas as amostras analisadas, é apresentada na Figura VI.2.1-6. A maior incidência de quantificação de HPA ocorreu nas amostras extraídas de animais mortos no ano de 2018, quando foram quantificados HPA em 32% das amostras analisadas e, a menor incidência, em amostras de animais mortos no ano de 2017, com HPA quantificados em 16% das amostras. Nas amostras extraídas de animais mortos em 2016 não foram quantificados HPA, contudo faz-se a ressalva de que foram coletadas apenas 25 amostras nesse ano (Figura VI.2.1-6 A). As concentrações médias de HPA nas amostras das aves, considerando todas as amostras analisadas, é da ordem de $19 \pm 204 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$. No ano de 2017 foi observada a maior concentração média de HPA nos tecidos, $66 \pm 618 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$ e, em 2020, a menor concentração média, $8,8 \pm 28 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$ (Figura VI.2.1-6 B).

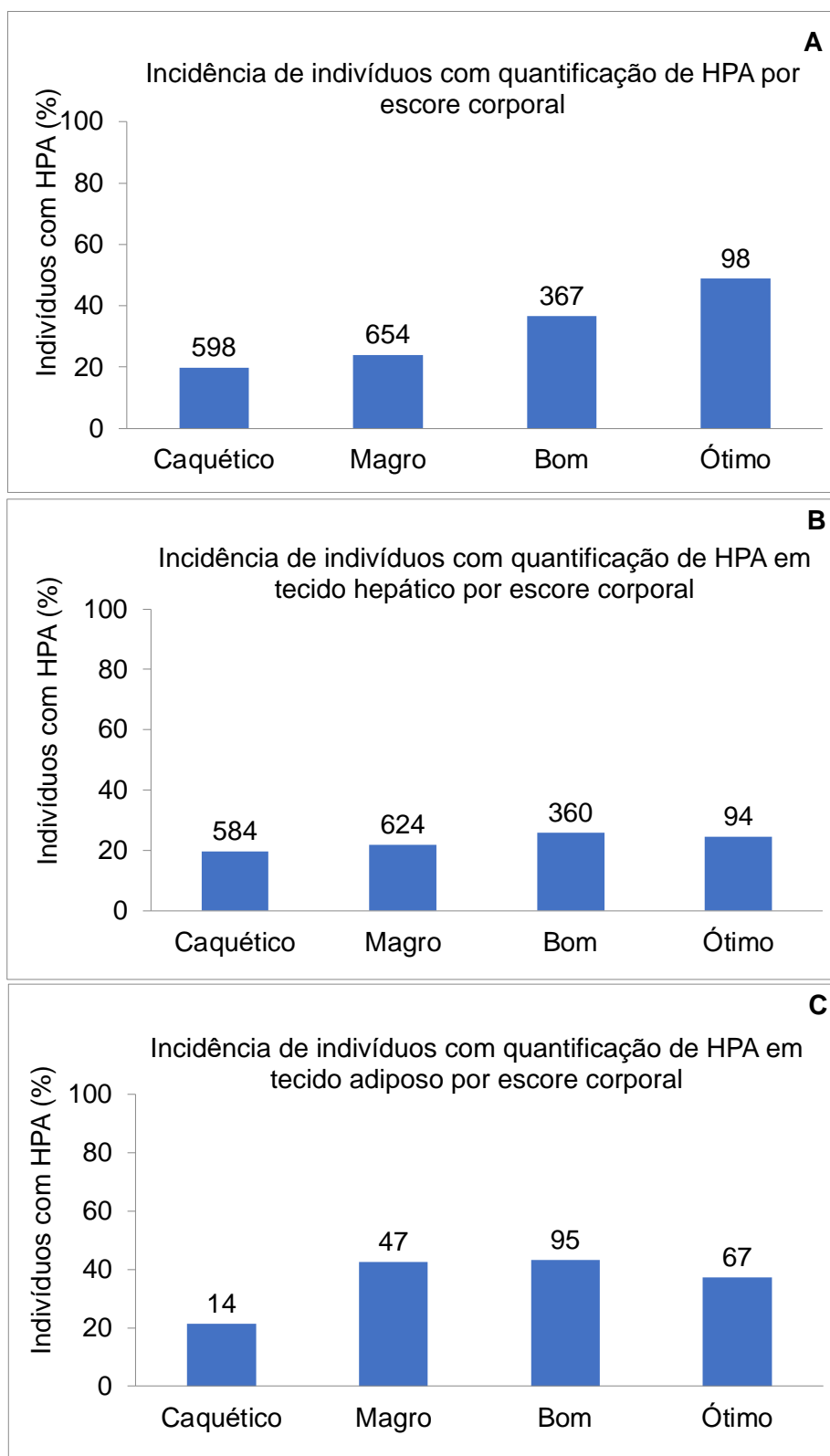


Figura VI.2.1-4 – Incidência (%) de indivíduos (aves) com quantificação de HPA por: (A) escore corporal considerando ambos os tecidos, (B) escore corporal considerando apenas o tecido hepático, (C) escore corporal considerando apenas o tecido adiposo. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada trecho com tecido biológico analisado.

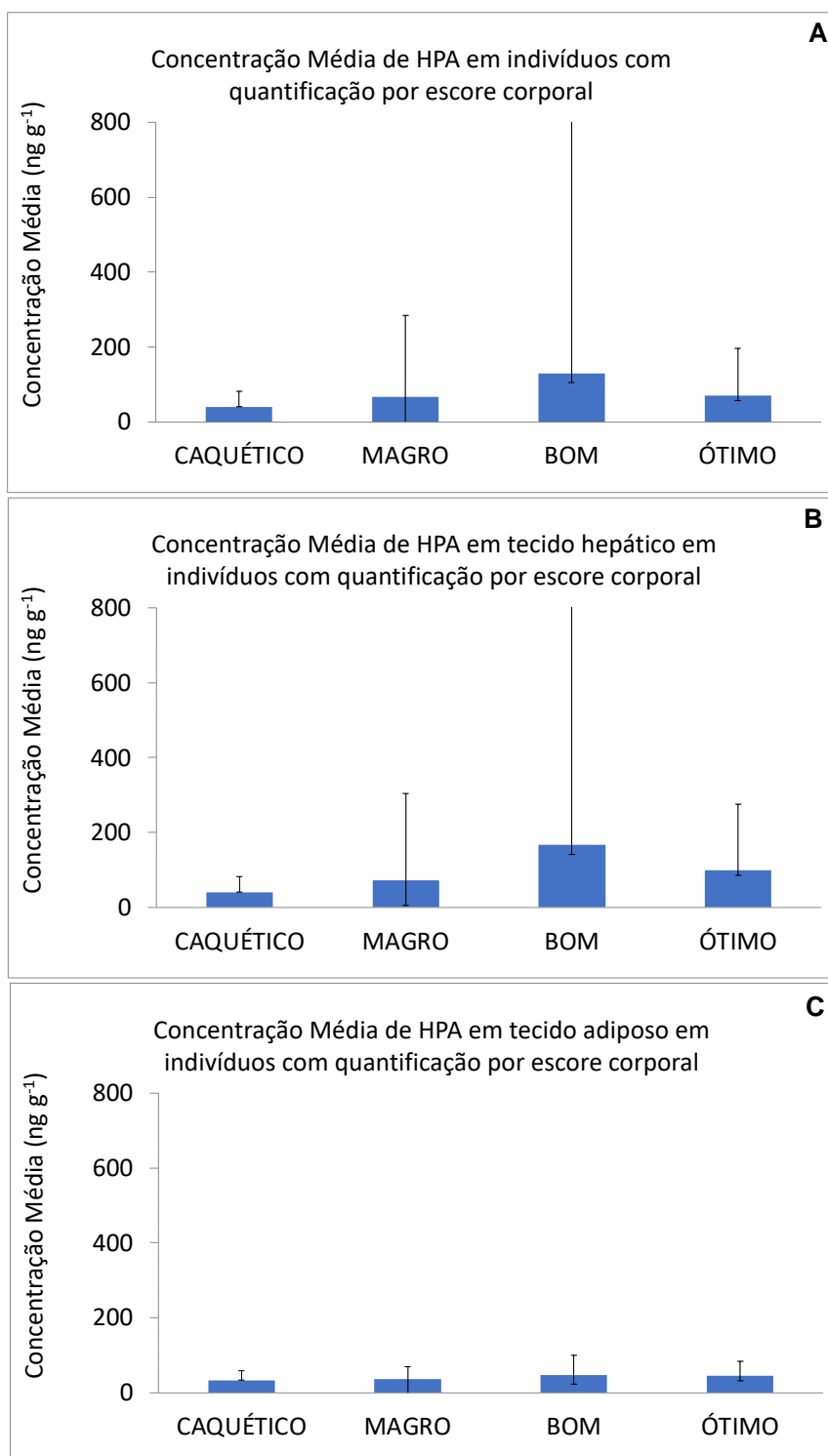


Figura VI.2.1-5 – Concentração média de HPA em aves com quantificação por: (A) escore corporal considerando ambos os tecidos, (B) escore corporal considerando apenas o tecido hepático, (C) escore corporal considerando apenas o tecido adiposo. As barras verticais representam o desvio padrão da concentração média.

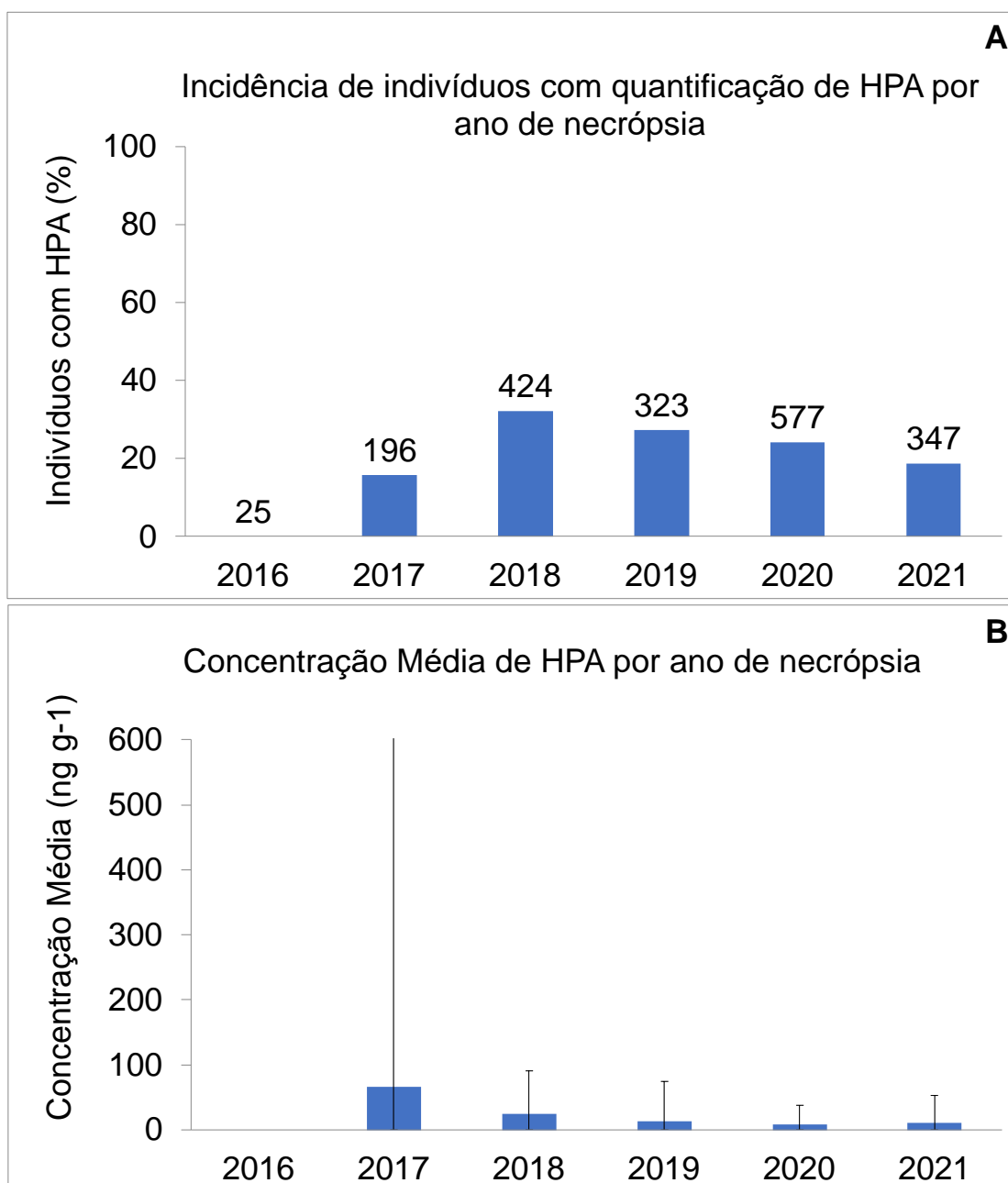


Figura VI.2.1-6 – (A) Incidência (%) de amostras de aves com quantificação de HPA por ano da necropsia. Os números sobre as barras representam o número total de amostras analisadas em cada ano. (B) Concentração média de HPA em aves por ano da necropsia. As barras verticais representam o desvio padrão da concentração média.

VI.2.2 Tartarugas marinhas

Foram analisados HPA em 1565 amostras de tecidos de tartarugas marinhas, sendo 1019 amostras de tecido hepático e 546 amostras de tecido adiposo, que foram obtidas de 1052 indivíduos, sendo 37 *Caretta caretta*, 1008 *Chelonia mydas*, 1 *Dermochelys coriácea*, 2 *Eretmochelys imbricata* e 4 *Lepidochelys olivacea*. Desse total, 818 fêmeas e 225 machos, além de 9 indivíduos com o sexo indefinido, praticamente todos juvenis (98%).

Na Tabela VI.2.2-1 é apresentado o resumo da incidência de quantificação de HPA nas amostras.

Tabela VI.2.2-1 – Resumo da incidência de quantificação de HPA em tartarugas, por indivíduo, por tecido (hepático, TCH e adiposo, TCA) e por sexo dos animais.

Tartarugas	Total	Com HPA	% Quantificação de HPA
nº de Indivíduos	1052	320	30
nº de Amostras	1565	409	26
nº de amostras de TCH	1019	230	23
nº de amostras de TCA	546	179	33
nº de Machos	225	62	28
nº de Fêmeas	818	254	31
Indefinido	9	4	44

Os HPA foram quantificados em 409 das 1565 amostras analisadas (26% do total), sendo 230 amostras de tecido adiposo e 179 de tecido hepático com quantificação de HPA. Essas amostras foram obtidas de 62 animais machos, 254 fêmeas e 4 animais com o sexo indefinido.

Considerando o número total de tartarugas analisados, houve quantificação de HPA, em pelo menos um dos tecidos, em 30% dos animais (320 animais com quantificação de HPA dos 1052 indivíduos analisados).

As concentrações totais de HPA nas amostras de tecido hepático variaram, em peso úmido, entre <LD e 6405 ng g⁻¹, enquanto nas amostras de tecido adiposo as concentrações totais de HPA variaram entre <LD e 791 ng g⁻¹. O naftaleno foi o único HPA quantificado em 298 das 409 amostras com concentração de HPA superior ao limite de quantificação (73% do total). Em apenas 20 das 409 amostras onde foram quantificados os HPA, as concentrações foram superiores a 200 ng g⁻¹ em peso úmido. Dessa forma, as concentrações médias observadas podem ser

consideradas relativamente baixas, quando comparadas às concentrações de HPA descritas para tartarugas nas revisões bibliográficas realizadas por SANSEVERINO e MENICONI (2015) e por BÍCEGO *et al.* (2018), onde foram reportadas concentrações de HPA alcançando até 560 ng g⁻¹ (pu) (somatória de 42 HPA) no tecido hepático e 12 ng g⁻¹ (pu) (somatória de 18 HPA, apenas 1 estudo) no tecido adiposo em tecidos hepático e adiposo.

Na Tabela VI.2.2-2 são apresentados os intervalos das concentrações de HPA nos tecidos de cada espécie. No *Apêndice 6 – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos* são apresentados de forma detalhada os dados de cada indivíduo analisado e os resultados de HPA encontrados nessas amostras.

Das 5 espécies de tartarugas analisadas, apenas a *Caretta caretta* e a *Chelonia mydas* possuem um n amostral expressivo, 37 e 1008 indivíduos cada, respectivamente. Algumas considerações podem ser realizadas sobre a presença de HPA em tartarugas marinhas.

As concentrações encontradas nas amostras foram similares, para cada espécie, entre os diferentes trechos de praia do PMP-BS, de forma que não foi observada uma correlação significativa entre o local de coleta e a concentração de HPA.

Considerando a incidência de quantificação de HPA em tartarugas nos diferentes locais de encalhe (Figura VI.2.2-1), foram quantificados HPA em 89% dos animais coletadas no Trecho 6 (Guaraqueçaba a Guaratuba/SP) (HPA em 96 dos 108 animais analisados), seguido do Trecho 7 (Iguape a Cananéia/SP) com 64% de quantificação (HPA em 59 dos 92 animais analisados), Trecho 10 (Ubatuba a São Sebastião/SP) com 38% de quantificação (HPA em 124 dos 325 animais analisados), Trecho 5 com 36% de quantificação (HPA em 16 dos 45 animais analisados), Trecho 8 (Praia Grande a Peruíbe/SP) com 35% de quantificação (HPA em 61 dos 172 animais analisados), Trecho 4 (Barra Velha a Governador Celso Ramos/SC) com 23% de quantificação (HPA em 3 dos 13 animais analisados), Trechos 11 a 15 (Saquarema a Paraty/RJ) com 19% de quantificação (HPA em 34 dos 175 animais analisados), Trecho 9 (Bertioga e São Vicente/SP) com 15% de quantificação (15 dos 103 animais analisados), Trechos 1 e 2 (Governador Celso Ramos a Laguna/SC) com 8% de quantificação (1 dos 13

animais analisados) e Trecho 3 (Florianópolis/SC) com 0% de quantificação de HPA (HPA em 0 dos 6 animais analisados).

Essa análise de incidência precisa ser vista com a ressalva de que em alguns trechos de praia o n amostral é baixo, por exemplo, um dos trechos com menor incidência de animais com quantificação de HPA, o Trecho 3, é o trecho com menor número de animais analisados, apenas 6 indivíduos. Na Figura VI.2.2-1 são apresentadas também a incidência de indivíduos com HPA em cada um dos tecidos analisados, hepático (Figura VI.2.2-1 B) e adiposo (Figura VI.2.2-1 C).

Tabela VI.2.2-2 – Intervalo de concentração de HPA nas amostras de tartarugas marinhas. Concentrações em peso úmido (ng g⁻¹).

Espécie / Intervalo de concentração	nº de indivíduos	nº de amostras	nº de amostras de TCH	nº de amostras de TCA	nº de amostras de TCH com HPA	nº de amostras de TCA com HPA	ΣHPA em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA em TCA (ng g ⁻¹)	ΣHPA leves em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA leves em TCA (ng g ⁻¹)	ΣHPA pesados em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA pesados em TCA (ng g ⁻¹)	Naftaleno em TCH* (%)	Naftaleno em TCA* (%)
<i>Caretta caretta</i>	37	68	35	33	6	13	<LD -214,3	<LD -184,5	<LD -214,3	<LD -184,5	<LD	<LD	25-100	22-100
<i>Chelonia mydas</i>	1008	1485	977	508	222	165	<LD -6405,2	<LD -790,9	<LD -3583,6	<LD -757,2	<LD -2821,6	<LD -109,1	9-100	12-100
<i>Dermochelys coriacea</i>	1	2	1	1	1	0	24,7	<LD	24,7	<LD	<LD	<LD	100	0
<i>Eretmochelys imbricata</i>	2	3	2	1	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Lepidochelys olivacea</i>	4	7	4	3	1	1	<LD -12,3	<LD -16,8	<LD -12,3	<LD -16,8	<LD	<LD	100	100

* Considerando apenas as amostras onde os HPA foram quantificados

LD = 0,6 ng g⁻¹

HPA Leves: 2 e 3 anéis aromáticos

HPA Pesados: 4 a 6 anéis aromáticos

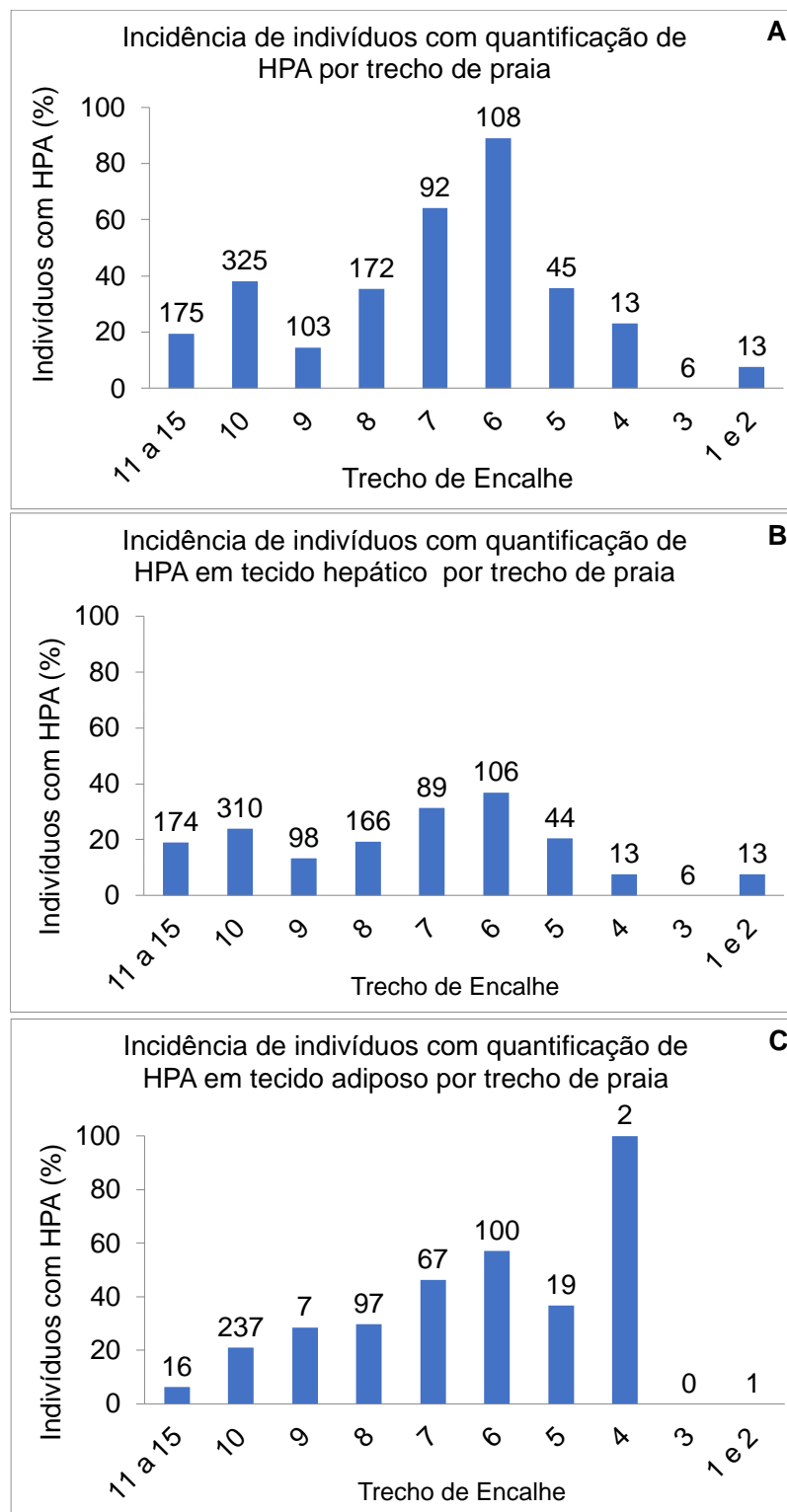


Figura VI.2.2-1 – Incidência (%) de indivíduos (tartarugas) com quantificação de HPA em: (A) pelo menos um dos tecidos por trecho de praia, (B) no tecido hepático por trecho de praia, (C) no tecido adiposo por trecho de praia. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada trecho com tecido biológico analisado.

Considerando as 2 espécies com n amostral superior a 20, o índice de quantificação de HPA em indivíduos de *Caretta caretta* foi de 35% (HPA em 13 dos 37 indivíduos analisados) e em *Chelonia mydas*, 30% (HPA em 305 dos 1008 indivíduos analisados).

A incidência de HPA por espécies é apresentada na Figura VI.2.2-2. A incidência de quantificação de HPA com relação ao total de amostras, quando são considerados os tecidos, adiposo e hepático, segue o padrão de distribuição por espécie (Figura VI.2.2-2 B) semelhante ao observado quando considerada a incidência de quantificação de HPA para o total de indivíduos (Figura VI.2.2-2 A).

Em relação aos estágios de desenvolvimento, não se observou distinção entre os diferentes estágios, filhote, juvenil e adulto (Figura VI.2.2-3 A). Em média, em 30% dos animais em qualquer estágio de desenvolvimento houve quantificação de HPA. Também não houve diferenciação quando se avaliou a distinção do estágio de desenvolvimento em relação ao tecido analisado (Figura VI.2.2-3 B e C)

Considerando o sexo, em 28% dos indivíduos machos foram quantificados HPA em pelo menos um dos tecidos, contra 31% nas fêmeas, dessa forma não se observou preferência clara de acumulação de HPA nesse agrupamento. Se forem consideradas apenas as amostras em que houve quantificação de HPA, as concentrações, em peso úmido, são semelhantes entre os sexos, a média e a mediana das concentrações nos machos foram 54 ng g^{-1} e 33 ng g^{-1} respectivamente, com desvio padrão de $\pm 86 \text{ ng g}^{-1}$, nas fêmeas a média e a mediana das concentrações foram 88 ng g^{-1} e 24 ng g^{-1} respectivamente, com desvio padrão de $\pm 408 \text{ ng g}^{-1}$.

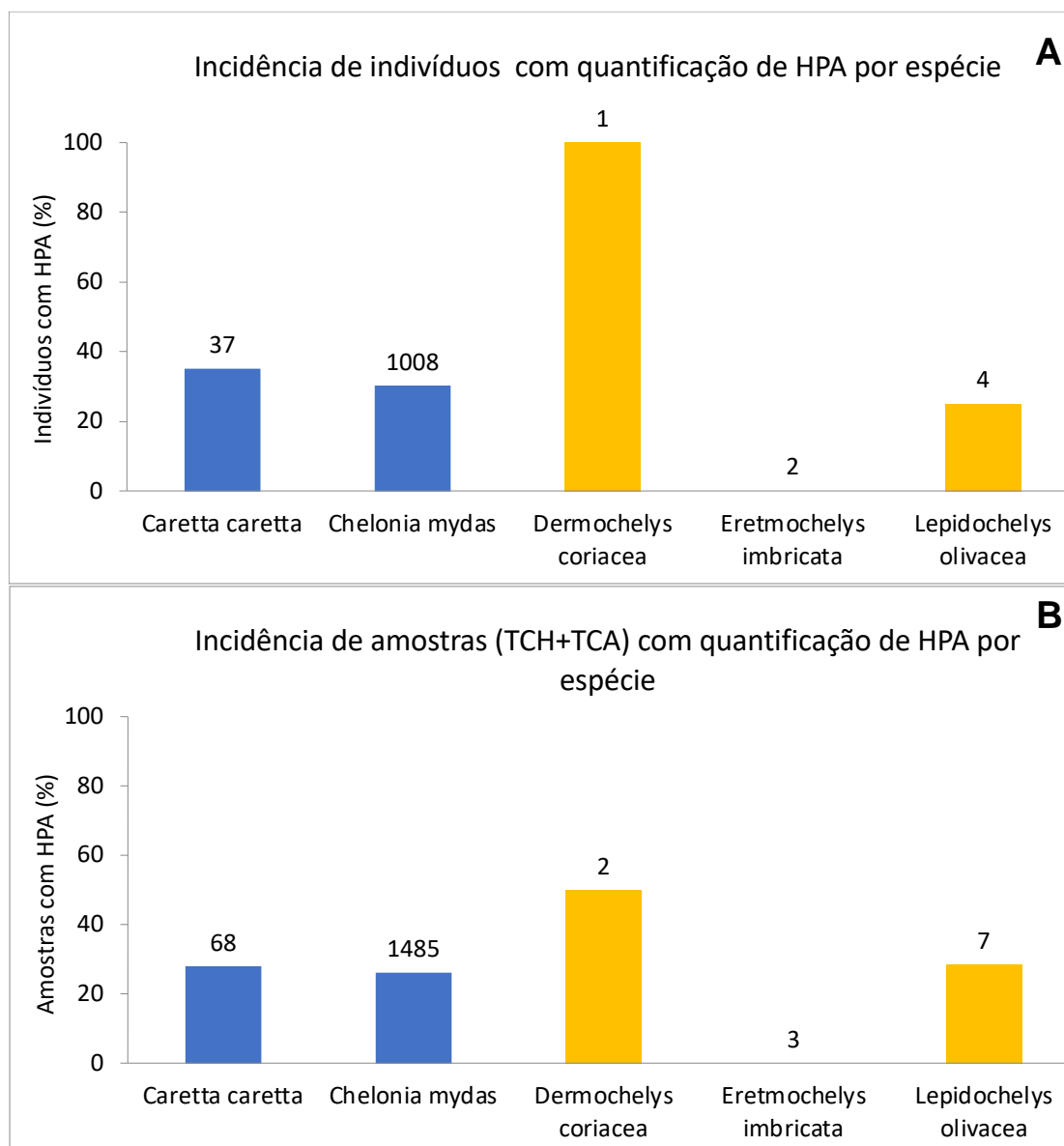


Figura VI.2.2-2 – (A) Incidência (%) de indivíduos (tartarugas) com quantificação de HPA em pelo menos um dos tecidos por espécie. (B) incidência (%) de amostras (tecido hepático + tecido adiposo) com quantificação de HPA por espécie. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada espécie. As espécies com n amostral inferior a 20 estão destacados em amarelo.

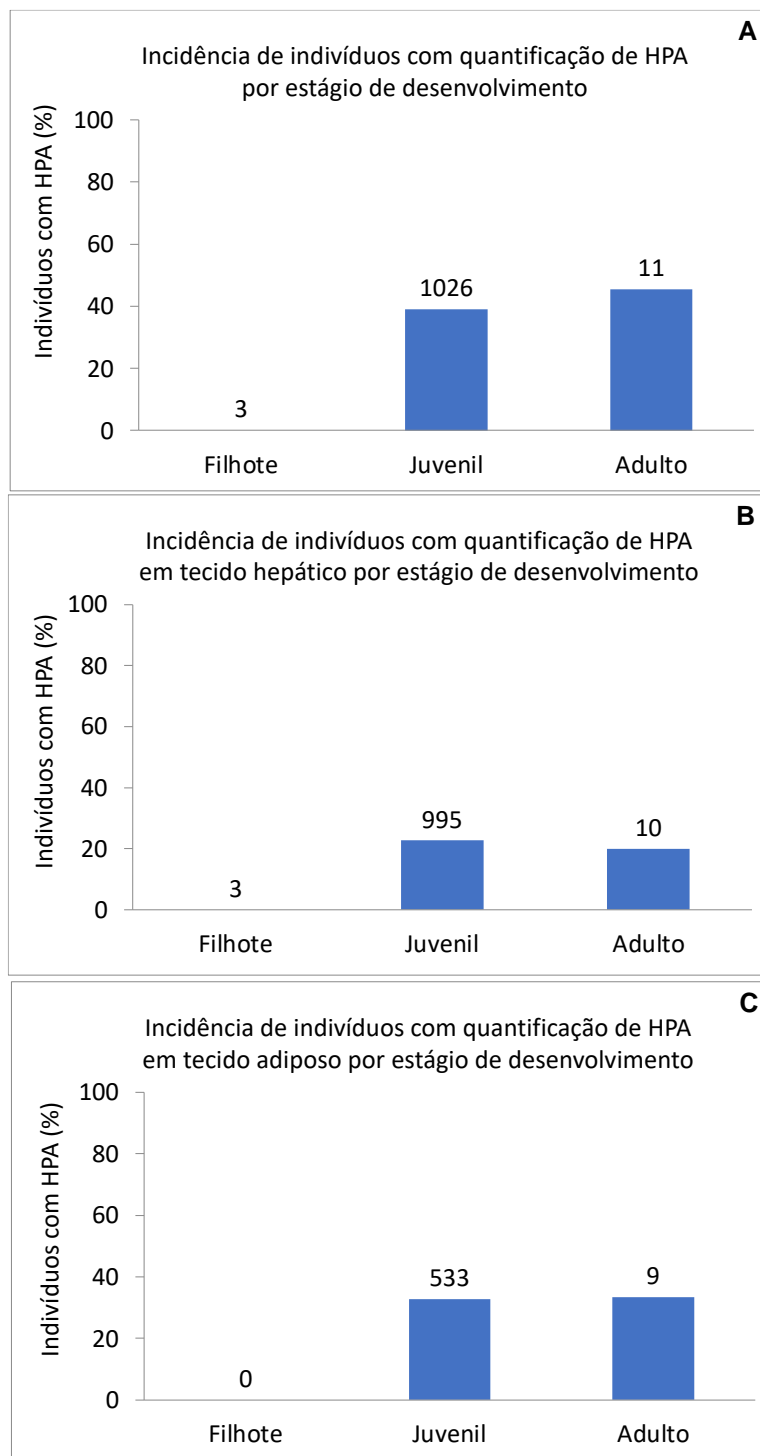


Figura VI.2.2-3 – Incidência (%) de indivíduos (tartarugas) com quantificação de HPA em: (A) pelo menos um dos tecidos por estágio de desenvolvimento, (B) no tecido hepático por estágio de desenvolvimento, (C) no tecido adiposo por estágio de desenvolvimento. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada trecho com tecido biológico analisado.

Apesar da maior incidência de HPA no tecido adiposo das tartarugas (33%) em relação ao tecido hepático (23%), não é possível inferir uma preferência de acumulação de HPA em um ou outro tecido uma vez que, na maior parte das amostras, as concentrações foram inferiores ao limite de detecção do método analítico e, quando houve quantificação de HPA em ambos os tecidos do mesmo indivíduo, as concentrações foram semelhantes. No tecido hepático a média e a mediana, em peso úmido, das concentrações foram 100 ng g^{-1} e 23 ng g^{-1} respectivamente, com desvio padrão de $\pm 476 \text{ ng g}^{-1}$. No tecido adiposo a média e a mediana, em peso úmido, das concentrações foram 55 ng g^{-1} e 25 ng g^{-1} respectivamente, com desvio padrão de $\pm 97 \text{ ng g}^{-1}$.

O agrupamento das tartarugas pelo escore corporal mostrou, assim como para as aves, uma tendência de maior incidência de HPA em indivíduos com melhor escore corporal quando considerados os dois tecidos analisados e também quando os tecidos são desagrupados (Figura VI.2.2-4). As concentrações médias de HPA totais por escore corporal foram menores nos indivíduos caquéticos do que nos indivíduos com escore corporal magro e bom, contudo essa tendência não se confirma visto que as concentrações médias em indivíduos com escore corporal ótimo foram similares às dos indivíduos com escore corporal caquético (Figura VI.2.2-5). Considerando que a principal via de absorção dos HPA seja a alimentação, a incidência e a concentração desses compostos tende a diminuir durante a fase de emagrecimento dos animais, dada sua capacidade de metabolizar e excretar esses compostos, fazendo com que quanto pior o escore corporal, menor a incidência e menor a concentração de HPA nos organismos.

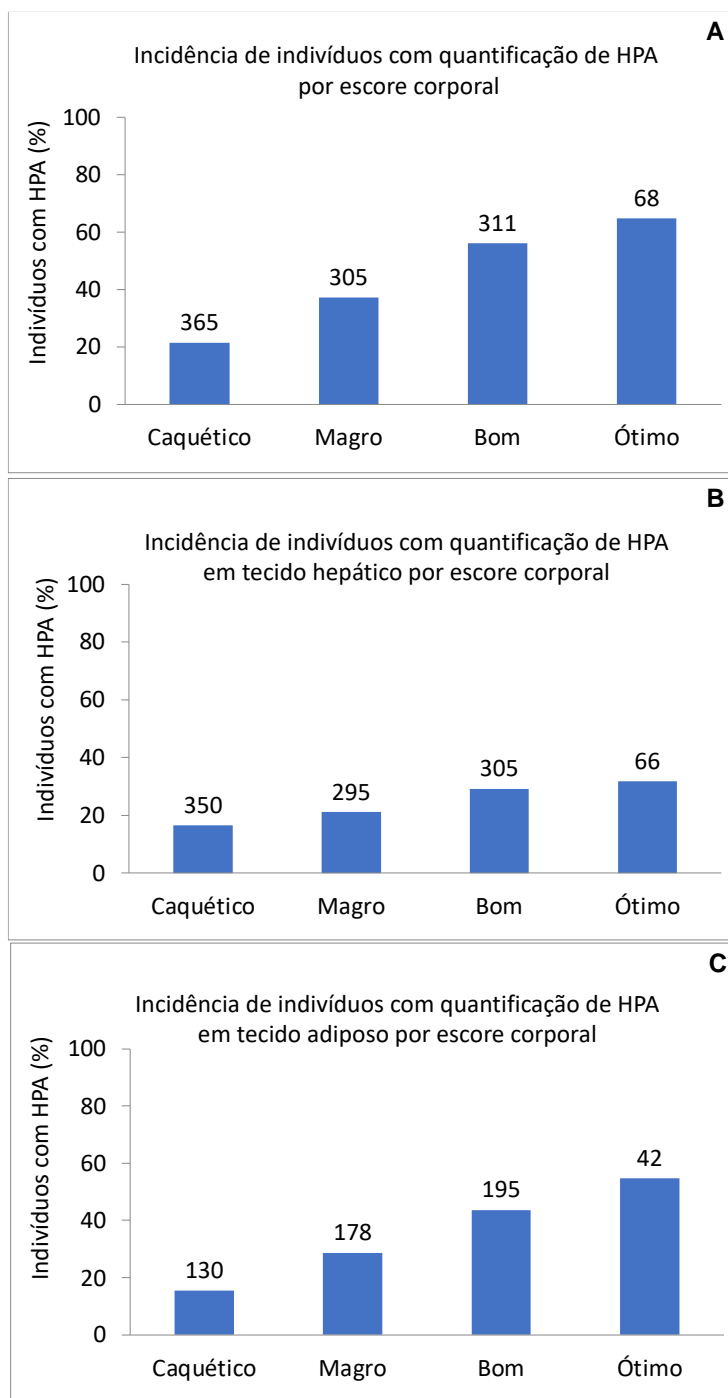


Figura VI.2.2-4 – Incidência (%) de indivíduos (tartarugas) com quantificação de HPA por: (A) escore corporal considerando ambos os tecidos, (B) escore corporal considerando apenas o tecido hepático, (C) escore corporal considerando apenas o tecido adiposo. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada trecho com tecido biológico analisado.

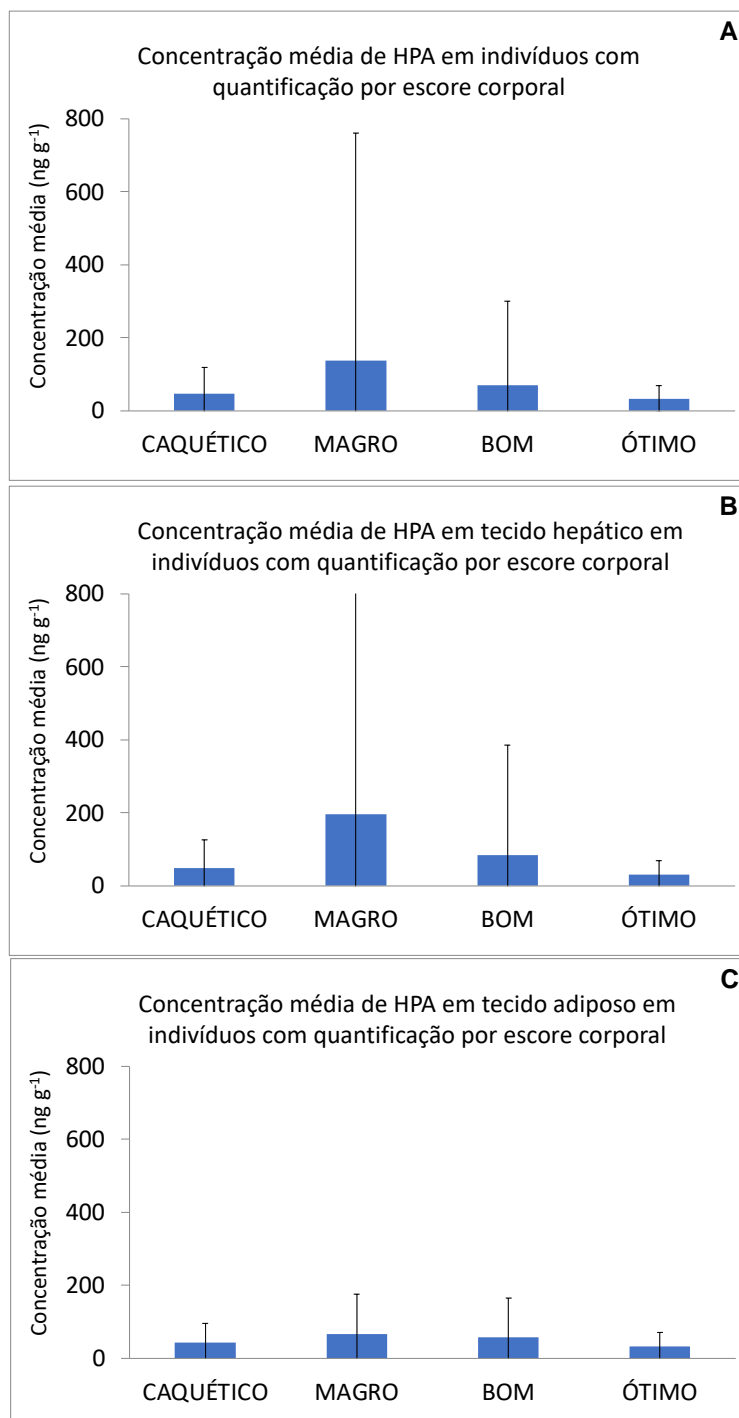


Figura VI.2.2-5 – Concentração média de HPA em tartarugas com quantificação por: (A) escore corporal considerando ambos os tecidos, (B) escore corporal considerando apenas o tecido hepático, (C) escore corporal considerando apenas o tecido adiposo. As barras verticais representam o desvio padrão da concentração média.

A avaliação temporal da incidência de quantificação de HPA nas tartarugas e da concentração média ao longo dos anos, considerando todas as amostras analisadas, é apresentada na Figura VI.2.2-6. A maior incidência de quantificação de HPA ocorreu nas amostras extraídas de animais mortos no ano de 2018, quando foram quantificados HPA em 35% das amostras analisadas, enquanto a menor incidência ocorreu em amostras de animais mortos no ano de 2021, com HPA quantificados em 17% das amostras. Nas amostras extraídas de animais mortos em 2016 não foram quantificados HPA, contudo faz-se a ressalva de que foram coletadas apenas 14 amostras nesse ano (Figura VI.2.2-6 A). As concentrações médias nas amostras das tartarugas, considerando todas as amostras analisadas, é da ordem de $21 \pm 187 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$. No ano de 2017 foi observada a maior concentração média de HPA nos tecidos, $44 \pm 348 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$ e, em 2021, a menor concentração média, $6 \pm 14 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$ (Figura VI.2.2-6 B).

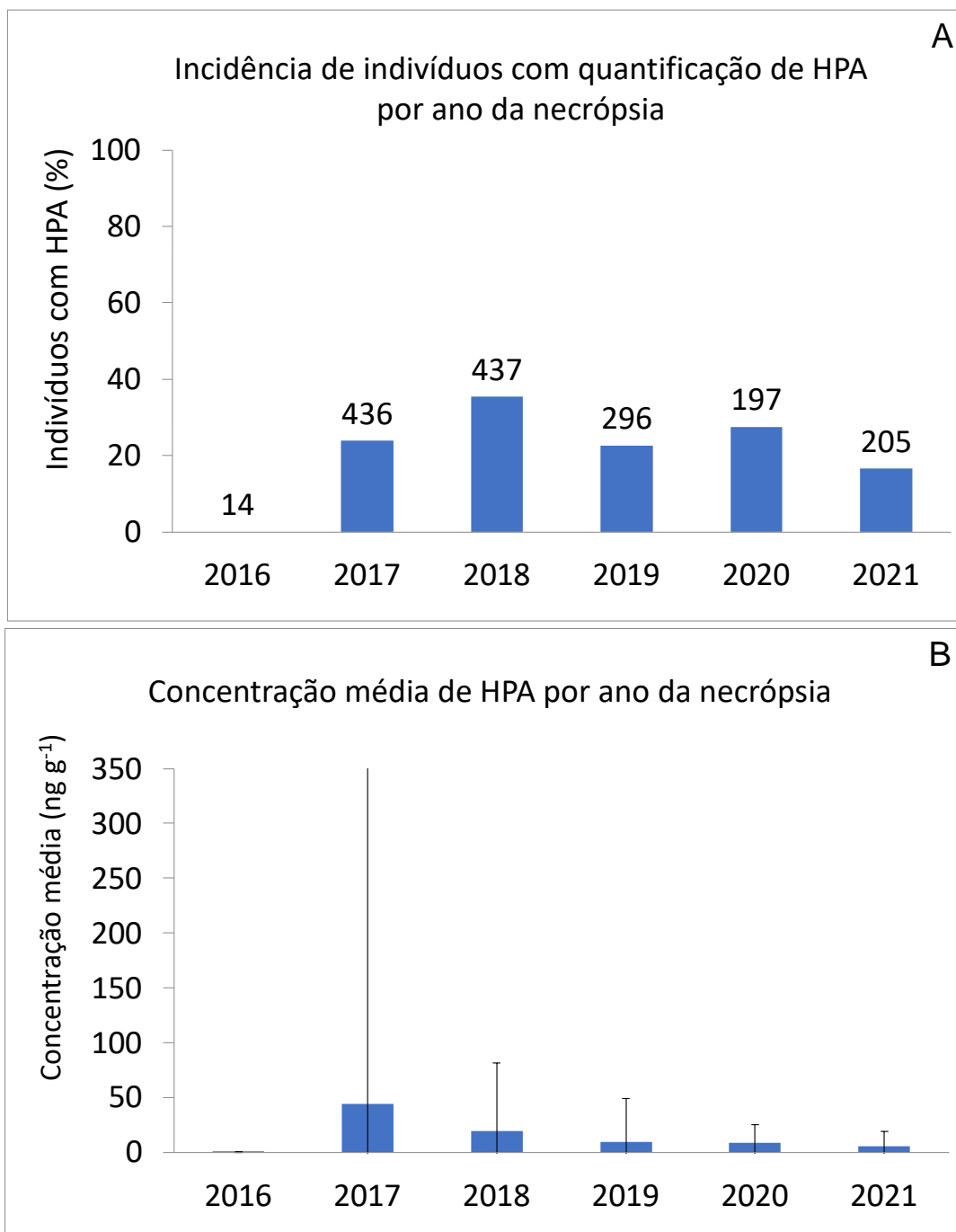


Figura VI.2.2-6 – (A) Incidência (%) de amostras de tartarugas com quantificação de HPA por ano da necropsia. Os números sobre as barras representam o número total de amostras analisadas em cada ano. (B) Concentração média de HPA em tartarugas por ano da necropsia. As barras verticais representam o desvio padrão da concentração média.

VI.2.3 Mamíferos marinhos

Foram analisadas 461 amostras de mamíferos marinhos (pinípedes e cetáceos), obtidas de 247 indivíduos de 15 espécies. Na Tabela VI.2.3-1 é apresentado o resumo da incidência de quantificação de HPA nas amostras. No *Apêndice 6 – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos* são apresentados de forma detalhada os dados de cada indivíduo analisado e os resultados de HPA encontrados nessas amostras. Esses dados foram discutidos a seguir.

Tabela VI.2.3-1 – Resumo da incidência de quantificação de HPA em mamíferos, por indivíduo, por tecido (hepático, TCH e adiposo, TCA) e por sexo dos animais.

Mamíferos	Total	Com HPA	% Quantificação de HPA
nº de Indivíduos	247	117	47
nº de Amostras	461	156	34
nº de amostras de TCH	239	71	30
nº de amostras de TCA	222	85	38
nº de Machos	120	58	48
nº de Fêmeas	126	59	47
Indeterminado	1	0	0

Foram quantificados HPA em 117 indivíduos de 9 espécies de mamíferos (*Arctocephalus australis*, *Balaenoptera acutorostrata*, *Delphinus delphis*, *Megaptera novaeangliae*, *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis*, *Steno bredanensis* e *Tursiops truncatus*), o que representa 47% dos 247 indivíduos analisados.

Na Tabela VI.2.3-2 é apresentado o intervalo das concentrações de HPA em cada um dos tecidos de cada espécie de mamífero. Os resultados detalhados para cada espécie são discutidos a seguir, separadamente.

Tabela VI.2.3-2 – Intervalo de concentração de HPA nas amostras de mamíferos. Concentrações em peso úmido (ng g⁻¹).

Espécie / Intervalo de concentração	nº de indivíduos	nº de amostras	nº de amostras de TCH	nº de amostras de TCA	nº de amostras de TCH com HPA	nº de amostras de TCA com HPA	ΣHPA em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA em TCA (ng g ⁻¹)	ΣHPA leves em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA leves em TCA (ng g ⁻¹)	ΣHPA pesados em TCH (ng g ⁻¹)	ΣHPA pesados em TCA (ng g ⁻¹)	Naftaleno em TCH* (%)	Naftaleno em TCA* (%)
<i>Arctocephalus australis</i>	22	33	22	11	9	4	<LD -784	<LD -303,2	<LD -528,3	<LD -303,2	<LD -255,8	<LD	4-100	82-100
<i>Arctocephalus tropicalis</i>	4	4	4	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	2	4	2	2	0	1	<LD	53,6	<LD	53,6	<LD	<LD	0	100
<i>Delphinus delphis</i>	3	6	3	3	1	3	<LD -29,7	<LD -41,4	<LD -29,7	<LD -41,4	<LD	<LD	100	100
<i>Kogia breviceps</i>	5	8	4	4	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Lagenodelphis hosei</i>	3	6	3	3	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Lobodon carcinophaga</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Megaptera novaeangliae</i>	5	9	4	5	1	2	<LD -76	<LD -75,3	<LD -76	<LD -75,3	<LD	<LD	74	100
<i>Phocoena dioptica</i>	1	2	1	1	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Pontoporia blainvillei</i>	89	171	87	84	27	28	<LD -493,7	<LD -1910,4	<LD -493,7	<LD -269,7	<LD -97,3	<LD -1640,8	18-100	3-100
<i>Sotalia guianensis</i>	84	163	80	83	26	37	<LD -200,1	<LD -1085,8	<LD -200,1	<LD -842,4	<LD -38,3	<LD -243,4	19-100	5-100
<i>Stenella frontalis</i>	14	27	14	13	5	4	<LD -101	<LD -386,4	<LD -101	<LD -359,3	<LD -36	<LD -27,1	27-100	46-100
<i>Stenella longirostris</i>	1	1	1	0	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0	0
<i>Steno bredanensis</i>	4	8	4	4	0	1	<LD	39,4	<LD	39,4	<LD	<LD	0	0
<i>Tursiops truncatus</i>	9	18	9	9	2	5	<LD -1295	<LD -2074,4	<LD -1199,1	<LD -1956,8	<LD -96	<LD -117,6	73-73	58-100

* Considerando apenas as amostras onde os HPA foram quantificados

LD = 0,6 ng g⁻¹

HPA leves: 2 e 3 anéis aromáticos

HPA pesados: 4 a 6 anéis aromáticos

Pinípedes

Foram analisadas 38 amostras de tecidos de pinípedes, sendo 27 amostras de tecido hepático e 11 amostras de tecido adiposo que foram obtidas de 27 indivíduos, 14 machos e 13 fêmeas.

Na Tabela VI.2.3-3 é apresentado o resumo da incidência de quantificação de HPA nas amostras.

Tabela VI.2.3-3 – Resumo da incidência de quantificação de HPA em pinípedes.

Pinípedes	Total	Com HPA
nº de Indivíduos	27	9
nº de Amostras	38	13
nº de amostras de TCH	27	9
nº de amostras de TCA	11	4
nº de Machos	14	5
nº de Fêmeas	13	4

Arctocephalus australis

Foram analisados HPA em 33 amostras de tecidos de *Arctocephalus australis*, sendo 22 amostras de tecido hepático e 11 amostras de tecido adiposo, obtidas de 22 indivíduos, sendo 12 machos e 10 fêmeas.

Em 9 amostras de tecido hepático foram quantificados HPA, especificamente naftaleno e alquil-naftaleno, em concentrações totais variando entre 15,6 e 784 ng g⁻¹ em peso úmido (pu). Em apenas uma das amostras de tecido hepático foram quantificados HPA pesados (4 anéis aromáticos), fluoranteno, pireno e criseno. Em 4 indivíduos onde já haviam sido encontrados HPA no tecido hepático foram quantificados também HPA no tecido adiposo, em concentrações totais variando entre 16,8 e 303,2 ng g⁻¹ pu, onde foram quantificados além do naftaleno também o fenantreno. Essas concentrações podem ser consideradas baixas. Nas revisões bibliográficas realizadas por SANSEVERINO e MENICONI (2014) e por BÍCEGO *et al.* (2018) foram descritos resultados de amostras de tecido hepático de pinípedes em concentrações de HPA totais (16 HPA prioritários) que variaram entre <LD a 1084 ng g⁻¹ (pu).

Apesar das baixas concentrações de HPA, em 9 dos 22 *A. australis* analisados, ou 41% do total, foram quantificados HPA em pelo menos um dos tecidos.

Arctocephalus tropicalis

Foram analisadas 4 amostras de tecido hepático de *Arctocephalus tropicalis*, obtidas de 4 indivíduos, 2 fêmeas e 2 machos, nas quais não foram detectados HPA.

Lobodon carcinophaga

Apenas uma amostra de tecido hepático de *Lobodon carcinophaga*, obtida de uma fêmea juvenil, foi analisada e não foram detectados HPA.

Em função do n amostral baixo para o tamanho da área de estudo, não se pode inferir qualquer correlação entre as concentrações de HPA e o sexo, tecido, maturidade do animal ou local de coleta do animal.

Misticetos

Balaenoptera acutorostrata e *Megaptera novaeangliae*

Na Tabela VI.2.3-4 é apresentado o resumo da incidência de quantificação de HPA nas amostras.

Tabela VI.2.3-4 – Resumo da incidência de quantificação de HPA em misticetos.

Misticetos	Total	Com HPA
nº de Indivíduos	7	4
nº de Amostras	13	4
nº de amostras de TCH	6	1
nº de amostras de TCA	7	3
nº de Machos	3	2
nº de Fêmeas	3	2
Indeterminado	1	0

Foram analisados HPA em 13 amostras de tecidos (6 hepáticos, 7 adiposos) coletados de 7 misticetos juvenis, sendo 2 *Balaenoptera acutorostrata*, em que foram obtidas amostras de tecido hepático e tecido adiposo e 5 *Megaptera*

novaeangliae, de onde foram obtidas amostras de tecido adiposo em todos e amostras de tecido hepático em 4 indivíduos.

Em 1 amostra de tecido adiposo de *B. acutorostrata*, uma fêmea juvenil coletada no Trecho 6, e em 3 amostras *M. novaeangliae*, 2 de tecido adiposo e 1 de tecido hepático, foram quantificados HPA em concentrações variando entre 33 e 76 ng g⁻¹ pu. Nas demais amostras não foram detectados HPA. As concentrações de HPA em amostras de tecido adiposo e hepático de mysticetos reportados nas revisões bibliográficas realizadas por SANSEVERINO e MENICONI (2015) e por BÍCEGO *et al.* (2018) variaram entre 210 e 83.663 ng g⁻¹ em peso úmido, de forma que a concentração encontrada no presente trabalho é relativamente baixa.

Considerando o número de indivíduos, em 57% dos mysticetos analisados foram quantificados HPA em pelo menos um dos tecidos (4 animais dos 7 analisados).

Assim como observado para os pinípedes, em função do n amostral baixo para o tamanho da área de estudo, não se pode inferir qualquer correlação entre as concentrações de HPA e o sexo, tecido, maturidade do animal ou local de coleta do animal.

Odontocetos

Foram analisadas 410 amostras de tecidos de odontocetos, sendo 206 amostras de tecido hepático e 204 amostras de tecido adiposo que foram obtidas de 213 indivíduos, 103 machos e 110 fêmeas.

Na Tabela VI.2.3-5

Tabela VI.2.3-5 é apresentado o resumo da incidência de quantificação de HPA nas amostras.

Tabela VI.2.3-5 – Resumo da incidência de quantificação de HPA em odontocetos.

Odontocetos	Total	Com HPA
nº de Indivíduos	213	104
nº de Amostras	410	139
nº de amostras de TCH	206	61
nº de amostras de TCA	204	78
nº de Machos	103	51
nº de Fêmeas	110	53

Considerando o número de indivíduos com detecção de HPA em pelo menos um dos tecidos, em 49% dos animais foram quantificados HPA (104 animais dos 213 analisados).

As concentrações totais de HPA nas amostras de tecido hepático variaram, em peso úmido, entre <LD e 1295 ng g⁻¹, enquanto nas amostras de tecido adiposo as concentrações totais de HPA variaram entre <LD e 2074 ng g⁻¹.

O naftaleno foi o único HPA em 86% das 139 amostras com concentrações de HPA quantificáveis. Com exceção de uma amostra de tecido hepático e uma amostra de tecido adiposo de *Tursiops truncatus* coletadas no Trecho 6 (1295 ng g⁻¹ e 2074 ng g⁻¹ respectivamente), uma amostra de tecido adiposo de *Pontoporia blainvillei*, coletada no Trecho 9 (1910 ng g⁻¹) e uma amostra de tecido adiposo de *Sotalia guianensis*, coletada no Trecho 10 (1085 ng g⁻¹) as concentrações totais de HPA podem ser consideradas relativamente baixas em comparação com as concentrações de HPA descritas para odontocetos nas revisões bibliográficas realizadas por SANSEVERINO e MENICONI (2015) e por BÍCEGO *et al.* (2018), onde foram reportadas, nos tecidos hepático e adiposo, concentrações de HPA totais (somatório de 14 HPA) variando entre 18 e 86711 ng g⁻¹ de HPA (pu) nos tecidos hepático e adiposo, sendo as maiores concentrações encontradas no tecido adiposo.

Apesar do n amostral para a maioria das espécies de mamíferos analisadas ser baixo, apenas 3 espécies com n amostral superior a 20 (*A. australis*, n = 22; *P. blainvillei*, n = 89 e *S. guianensis*, n = 84), algumas considerações podem ser feitas.

Considerando o número total de mamíferos analisados, houve quantificação de HPA, em pelo menos um dos tecidos, em 47% dos animais (117 animais com quantificação de HPA dos 247 indivíduos mamíferos analisados), a grande maioria desses animais eram odontocetos com hábitos costeiros, como os de maior n amostral e maior incidência de HPA: (*Arctocephalus australis* – detecção de HPA em 41% dos indivíduos, *Sotalia guianensis* – detecção de HPA em 55% dos indivíduos e *Pontoporia blainvillei* – detecção de HPA em 50% dos indivíduos) (Tabela VI.2.3-2).

Considerando o número total de amostras analisadas, em 34% delas foram quantificados HPA (156 amostras com quantificação de HPA das 461 analisadas).

As concentrações encontradas nessas amostras foram similares, para cada espécie, entre os diferentes trechos de praia do PMP-BS, de forma que não há uma correlação significativa entre o local de coleta e a concentração de HPA.

Considerando a incidência de quantificação de HPA em mamíferos nos diferentes locais de encalhe dos animais (Figura VI.2.3-1), foram quantificados HPA em 93% dos animais coletadas nos Trechos 11 a 15 (Saquarema a Paraty/RJ, 26 de 28 animais analisados), seguido do Trecho 03 (Florianópolis/SC) com 78% de quantificação de HPA (HPA em 7 dos 9 animais analisados), Trecho 9 (Bertioga e São Vicente/SP) com 74% de quantificação de HPA (HPA em 14 dos 19 animais analisados), Trecho 7 (Iguape a Cananéia/SP) com 68% de quantificação (HPA em 26 dos 38 animais analisados), Trecho 6 (Guaraqueçaba a Guaratuba/SP) com 64% de quantificação (HPA em 21 dos 33 animais analisados), Trecho 8 (Praia Grande a Peruíbe/SP), com 62% de quantificação (HPA em 23 dos 37 animais analisados), Trecho 10 (Ubatuba a São Sebastião/SP) com 57% de quantificação (HPA em 24 dos 42 animais analisados), Trecho 4 (Barra Velha a Governador Celso Ramos/SC) com 55% de quantificação (HPA em 6 dos 11 animais analisados), Trecho 5 (Itapoá a Araquari/SC) com 36% de quantificação (HPA em 5 dos 14 animais analisados) e Trechos 01 e 02 (Governador Celso Ramos a Laguna/SC) com 25% de quantificação (HPA em 4 dos 16 animais analisados).

Essa análise de incidência precisa ser vista com a ressalva de que em alguns trechos de praia o n amostral é baixo, por exemplo, um dos trechos com maior incidência de animais com quantificação de HPA, o Trecho 3, é o trecho com menor número de animais analisados, apenas 9 indivíduos. Na Figura VI.2.3-1 são apresentadas também a incidência de indivíduos com HPA em cada um dos tecidos analisados, hepático (Figura VI.2.3-1 B) e adiposo (Figura VI.2.3-1 C).

Considerando as espécies com n amostral superior a 20, a espécie *S. guianensis* foi a que apresentou o maior percentual de indivíduos com HPA quantificado (55% - HPA em 46 de 84 indivíduos), seguido de *P. blainvillei* (47% - HPA em 42 dos 89 indivíduos) e *A. australis* (41% - HPA em 9 dos 22 indivíduos). Nas espécies com menor n amostral, cuja análise merece ressalva por conta do n amostral reduzido, foram detectados HPA em *B. acutorostrata* (50% - HPA em 1 dos 2 indivíduos), *D. delphis* (100% - HPA em 3 dos 3 indivíduos), *M. novaeangliae*

(60% - HPA em 3 dos 5 indivíduos), *S. frontalis* (50% - HPA em 7 dos 14 indivíduos), *S. bredanensis* (25% - HPA em 1 dos 4 indivíduos) e *T. truncatus* (56% - HPA em 5 dos 9 indivíduos). Nas demais espécies não foram quantificados HPA. A incidência de HPA por espécies é apresentada na Figura VI.2.3-2. A incidência de quantificação de HPA com relação ao total de amostras Figura VI.2.3-2 B, quando são considerados os tecidos adiposo e hepático, segue o padrão de distribuição por espécie semelhante ao observado para quando considerada a incidência de quantificação de HPA para o total de indivíduos (Figura VI.2.3-2 A).

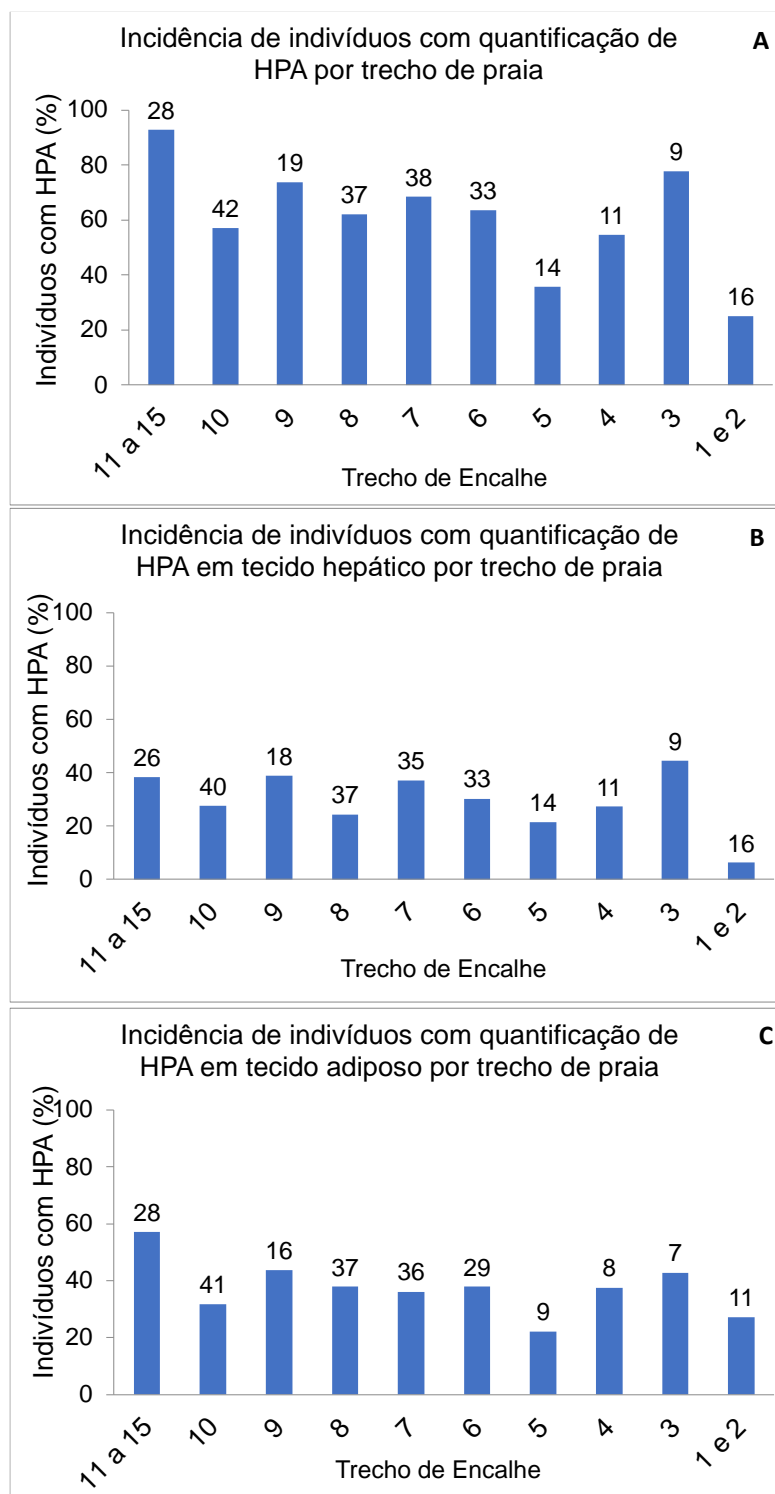


Figura VI.2.3-1 – Incidência (%) de indivíduos (mamíferos) com quantificação de HPA em: (A) pelo menos um dos tecidos por trecho de praia, (B) no tecido hepático por trecho de praia, (C) no tecido adiposo por trecho de praia. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada trecho com tecido biológico analisado.

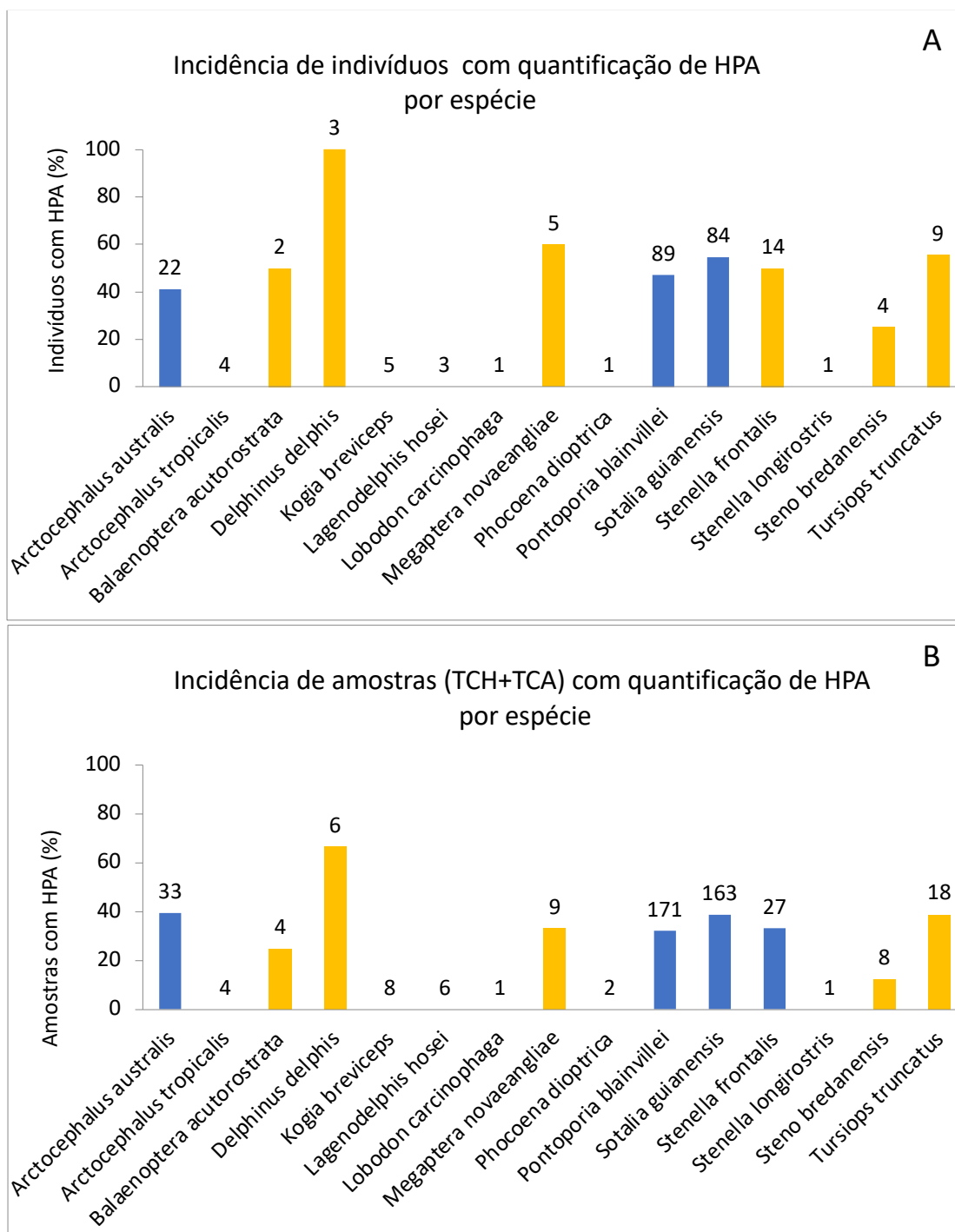


Figura VI.2.3-2 – (A) Incidência (%) de indivíduos (mamíferos) com quantificação de HPA em pelo menos um dos tecidos por espécie. (B) incidência (%) de amostras (tecido hepático + tecido adiposo) com quantificação de HPA por espécie. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada espécie (A) e o número total de amostras analisadas (B). As espécies com *n* amostral inferior a 20 estão destacados em amarelo.

Em relação aos estágios de desenvolvimento, não se observou distinção entre os diferentes estágios, fetal, filhote, juvenil e adulto (Figura VI.2.3-3). Em média, em 64% dos animais, em qualquer estágio de desenvolvimento, houve quantificação de HPA. Também não houve diferenciação na quantificação dos HPA considerando-se a distinção dos estágios de desenvolvimento em relação ao tecido analisado (Figura VI.2.3-3 B e C)

Considerando o sexo dos indivíduos, em 66% dos indivíduos machos foram quantificados HPA em pelo menos um dos tecidos, contra 61% nas fêmeas, dessa forma não se observou preferência clara de acumulação de HPA nesse agrupamento. Se forem consideradas apenas as amostras em que houve quantificação de HPA, as concentrações, em peso úmido, são semelhantes entre os sexos, a média e a mediana das concentrações nos machos são 73 ng g^{-1} e 31 ng g^{-1} respectivamente, com desvio padrão de $\pm 146 \text{ ng g}^{-1}$, nas fêmeas a média e a mediana das concentrações são 123 ng g^{-1} e 35 ng g^{-1} respectivamente, com desvio padrão de $\pm 350 \text{ ng g}^{-1}$

relação ao tecido hepático (30%), não é possível inferir uma preferência de acumulação de HPA em um ou outro tecido uma vez que na maior parte das amostras as concentrações foram inferiores ao limite de detecção do método analítico e, quando houve quantificação de HPA em ambos os tecidos do mesmo indivíduo, as concentrações foram semelhantes. No tecido hepático a média e a mediana das concentrações são, em peso úmido, 75 ng g^{-1} e 28 ng g^{-1} respectivamente, com desvio padrão de $\pm 181 \text{ ng g}^{-1}$. No tecido adiposo a média e a mediana das concentrações são, em peso úmido, 117 ng g^{-1} e 35 ng g^{-1} respectivamente, com desvio padrão de $\pm 323 \text{ ng g}^{-1}$.

Em função do baixo n amostral de mysticetos, 7 indivíduos, em relação à 213 odontocetos, a comparação entre as concentrações de HPA encontradas nos tecidos de ambos não foi realizada pois as conclusões seriam enviesadas pela baixa representatividade dos mysticetos.

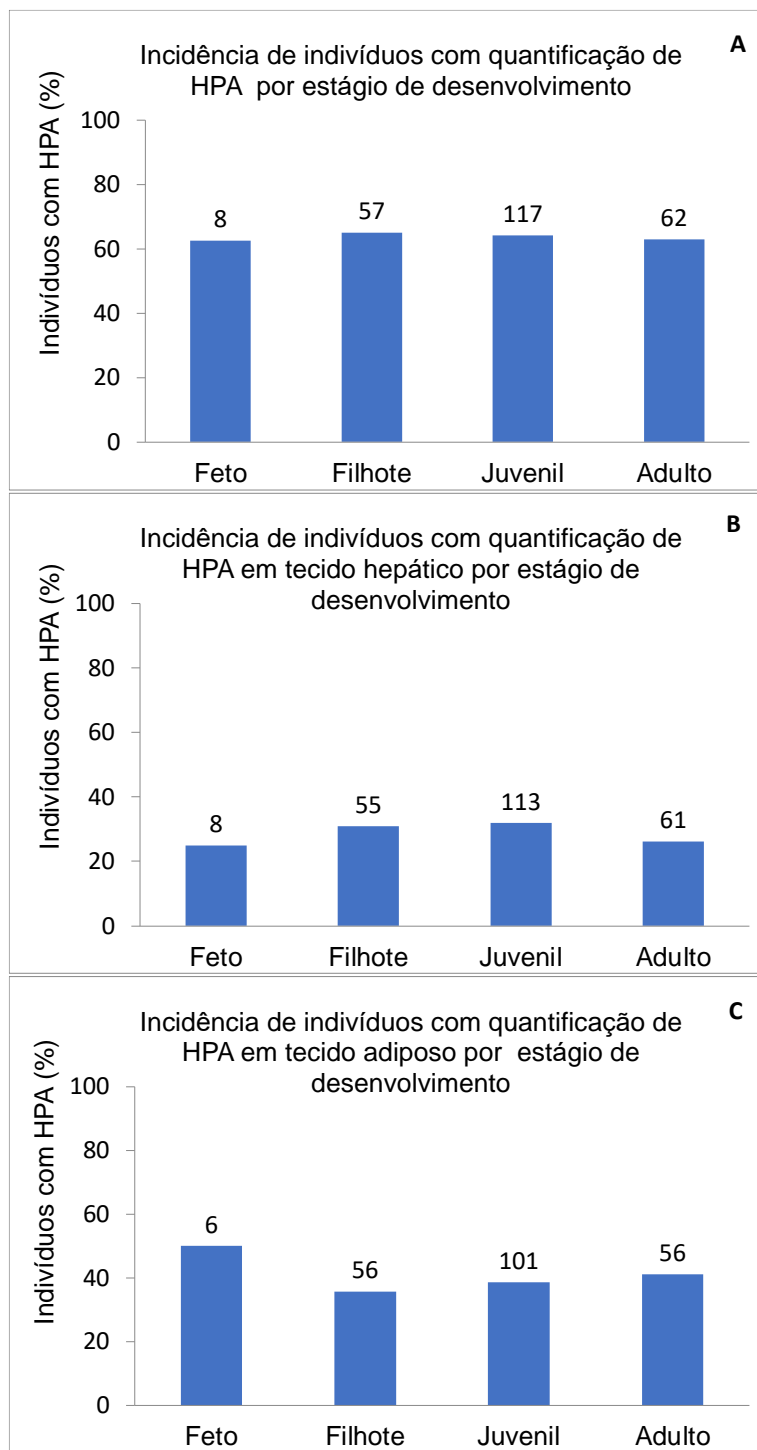


Figura VI.2.3-3 – Incidência (%) de indivíduos (mamíferos) com quantificação de HPA em: (A) pelo menos um dos tecidos por estágio de desenvolvimento, (B) no tecido hepático por estágio de desenvolvimento, (C) no tecido adiposo por estágio de desenvolvimento. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada trecho com tecido biológico analisado.

O agrupamento dos mamíferos pelo escore corporal mostrou uma incidência maior de HPA em indivíduos caquéticos do que em indivíduos com escore corporal ótimo quando os dois tecidos, hepático e adiposo, são considerados (Figura VI.2.3-4). Contudo, quando os tecidos são discriminados, observa-se tendências divergentes. Para o tecido hepático houve uma maior incidência de HPA em indivíduos com escore corporal bom e menor em indivíduos caquéticos, já para o tecido adiposo há uma tendência de maior incidência de HPA em indivíduos com pior escore corporal (Figura VI.2.3-4 B e C). As concentrações médias de HPA totais por escore corporal seguem tendência similar à da incidência (Figura VI.2.3-5), em especial no tecido adiposo, quanto pior o escore corporal do animal, maior a concentração de HPA. Pode-se aventar que a maior incidência e a maior concentração de HPA em tecido adiposo com a piora do escore corporal esteja ligada à metabolização diferenciadas das diferentes camadas de gorduras dos cetáceos, cada uma com uma função específica como armazenamento de energia, termorregulação, controle de flutuabilidade e racionalização hidrodinâmica (PABST *et al.*, 1999). As camadas interna e média são principalmente dedicadas à mobilização de gordura e o conteúdo lipídico varia muito dependendo do ciclo reprodutivo e migratório dos indivíduos (MENDEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2016). A deposição de gordura ocorre principalmente na camada externa, que é considerada metabolicamente mais inerte e tem a função primária de isolamento térmico. A camada externa também é pouco afetada por mudanças nas condições nutritivas (GÓMEZ-CAMPOS *et al.*, 2015), é esta a camada a que é coletada e analisada no PMP. O emagrecimento do animal pode estar promovendo a concentração de HPA na gordura remanescente do animal.

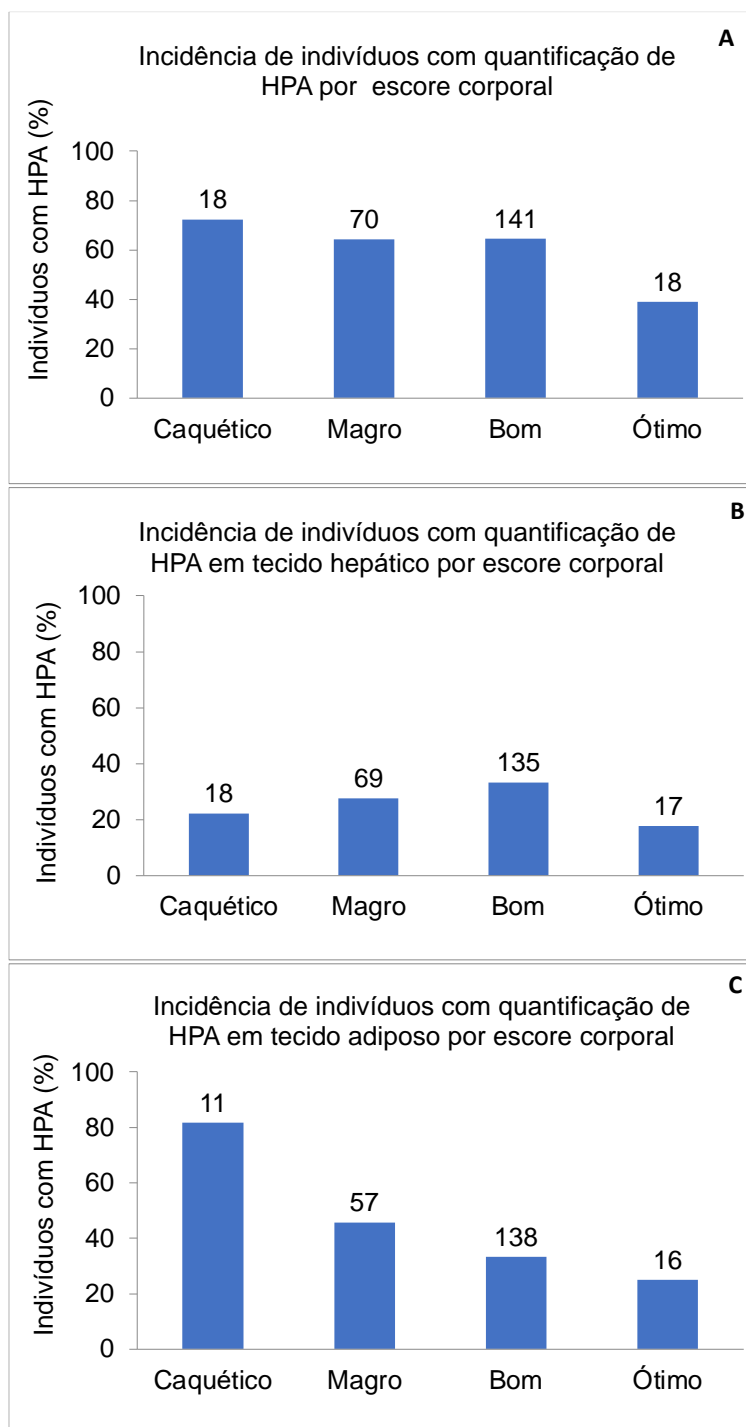


Figura VI.2.3-4 – Incidência (%) de indivíduos (mamíferos) com quantificação de HPA por: (A) escore corporal considerando ambos os tecidos, (B) escore corporal considerando apenas o tecido hepático, (C) escore corporal considerando apenas o tecido adiposo. Os números sobre as barras representam o número total de indivíduos de cada trecho com tecido biológico analisado.

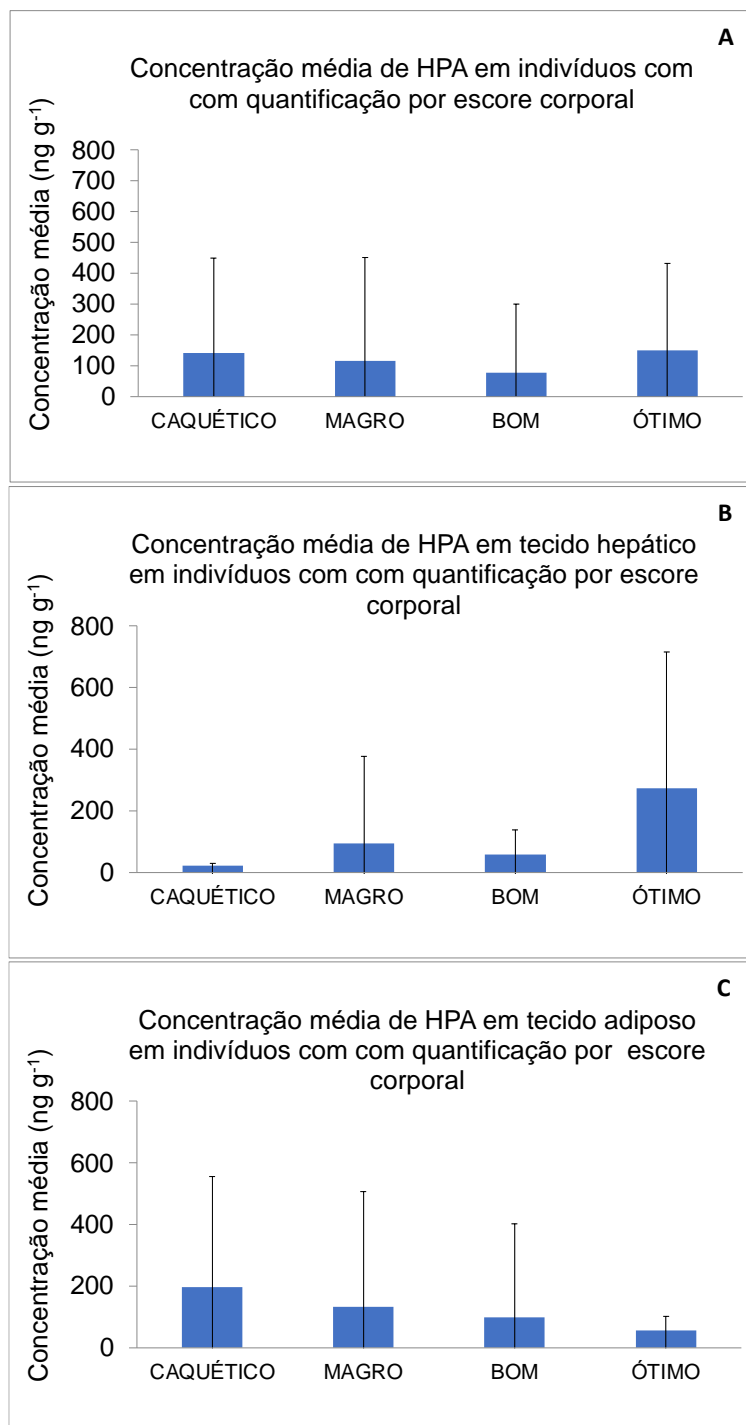


Figura VI.2.3-5 – Concentração média de HPA em mamíferos com quantificação por: (A) escore corporal considerando ambos os tecidos, (B) escore corporal considerando apenas o tecido hepático, (C) escore corporal considerando apenas o tecido adiposo. As barras verticais representam o desvio padrão da concentração média.

A avaliação temporal da incidência de quantificação de HPA nos mamíferos e da concentração média ao longo dos anos, considerando todas as amostras analisadas, é apresentada na Figura VI.2.3-6. As maiores incidências de quantificação de HPA ocorreram nas amostras extraídas de animais mortos nos anos de 2018 e 2020, quando foram quantificados HPA em 42% das amostras analisadas, enquanto a menor incidência ocorreu em amostras de animais mortos no ano de 2021, com HPA quantificados em 25% das amostras. Nas amostras extraídas de animais mortos em 2016 não foram quantificados HPA, contudo faz-se a ressalva de que há apenas 10 amostras coletadas nesse ano (Figura VI.2.3-6 A). Considerando-se todas as amostras de tecidos de mamíferos analisadas desde 2016, a concentração média de HPA é da ordem de $34 \pm 165 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$. No ano de 2018 foi observada a maior concentração média de HPA nos tecidos, $47 \pm 181 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$ e, em 2020, a menor concentração média, $9,3 \pm 15 \text{ ng g}^{-1} \text{ pu}$ (Figura VI.2.3-6 B).

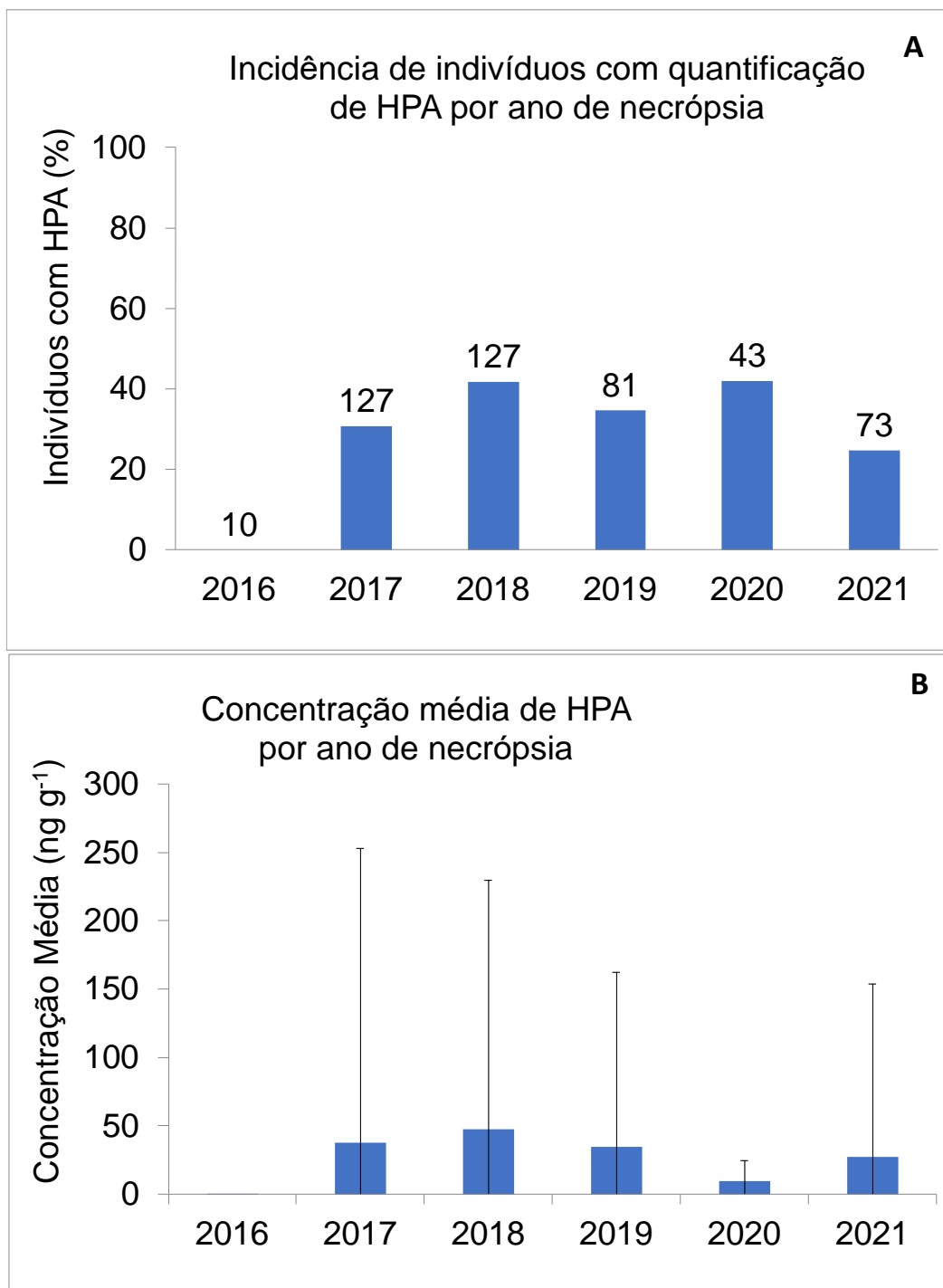


Figura VI.2.3-6 – (A) Incidência (%) de amostras de mamíferos com quantificação de HPA por ano da necrópsia. Os números sobre as barras representam o número total de amostras analisadas em cada ano. (B) Concentração média de HPA em mamíferos por ano da necrópsia. As barras verticais representam o desvio padrão da concentração média.

VI.3 CONSIDERAÇÕES

Foram analisadas 3918 amostras do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos das quais 461 amostras de tecido de mamíferos marinhos obtidas de 247 indivíduos, 1892 amostras de tecidos de aves marinhas obtidas de 1724 indivíduos e 1565 amostras de tecidos de tartarugas marinhas coletas de 1052 indivíduos. Dentre todas estas amostras, houve quantificação de HPA em 34% das amostras de mamíferos, 24% das amostras de aves e 26% das amostras de tartarugas. Considerando a incidência nos indivíduos, foram quantificados HPA em 47% dos mamíferos, 25% das aves e 30% tartarugas analisadas.

Uma vez que foram quantificados HPA em aproximadamente 26% das amostras do PMP-BS, as concentrações médias dos compostos, são baixas, conforme descrito a seguir (Tabela VI.3-1).

Tabela VI.3-1 - Médias do somatório de HPA e desvio padrão.

	*Média Σ HPA \pm Desvio Padrão (ng g ⁻¹ - peso úmido)	
	Tecido Hepático	Tecido Adiposo
Mamíferos	22 \pm 104	44 \pm 205
Aves	19 \pm 213	17 \pm 35
Répteis (tartarugas)	23 \pm 229	18 \pm 61

* para as amostras com concentração inferior ao LD ou LQ foi atribuído o valor da metade do respectivo limite para o cálculo da média e do desvio padrão

Observou-se a predominância HPA leves, de 2 e 3 anéis aromáticos, principalmente naftaleno, em praticamente todas essas amostras em que foram quantificados HPA. Apesar da predominância de HPA leves, o perfil de distribuição dos HPA não coincide com um perfil de distribuição de HPA petrogênicos, dada a ausência de HPA alquilados como os alquil-naftalenos, alquil-fenantrenos e também ausência dos dibenzotiofenos.

Para os mamíferos não foi observada relação entre o local de encalhe do animal e a incidência de HPA nos tecidos. Já para as aves, as maiores incidências ocorreram nos trechos 5 e 6 e para as tartarugas nos trechos 6 e 7. Esses trechos compreendem desde o litoral norte de SC até o litoral sul de SP.

Entre os diferentes tetrápodes marinhos não foi observada diferença nas concentrações de HPA em uma ou outra espécie dentro de cada grupo uma vez que não foram detectados HPA na maior parte das amostras. Da mesma forma não se observou diferenciação na concentração de HPA quando os animais foram agrupados por estágio de desenvolvimento.

Para as 3 classes de tetrápodes, observou-se uma maior incidência de HPA em tecido adiposo do que em tecido hepático, contudo isso não caracterizou uma preferência de acumulação, visto que as concentrações em ambos os tecidos são semelhantes quando os HPA foram quantificados em ambos os tecidos dos mesmos animais. Agrupando-se os animais pelo sexo, em mamíferos e aves houve maior incidência de HPA em indivíduos do sexo masculino enquanto para as tartarugas a incidência foi semelhante.

Quando os animais foram agrupados pelo escore corporal, verificou-se que, no tecido hepático dos mamíferos, houve uma maior incidência de HPA em indivíduos com escore corporal bom e menor em indivíduos caquéticos, já para o tecido adiposo houve uma tendência de maior incidência de HPA em indivíduos com pior escore corporal. Pode-se aventar que a maior incidência e a maior concentração de HPA em tecido adiposo com a piora do escore corporal esteja ligada à metabolização diferenciadas das diferentes camadas de gorduras dos mamíferos. O emagrecimento do animal pode estar promovendo a concentração de HPA na gordura remanescente do animal.

Nas aves e tartarugas houve uma tendência de maior incidência de HPA em indivíduos com melhor escore corporal em ambos os tecidos. Supõe-se que a maior incidência e a maior concentração de HPA em animais com melhor escore corporal esteja relacionada com a capacidade de metabolização dos HPA pelas aves e tartarugas. Considerando que a principal via de absorção dos HPA seja a alimentação, a incidência e a concentração desses compostos tende a diminuir durante a fase de emagrecimento dos animais, dada sua capacidade de metabolizar e excretar esses compostos, fazendo com que quanto pior o escore corporal, menor a incidência e menor a concentração de HPA nos organismos. Ao contrário dos mamíferos, as aves e tartarugas praticamente não mantem uma camada de gordura quando em privação alimentar.

Considerando a evolução temporal da incidência de HPA nos animais, não se observa nenhum tipo de tendência de aumento ou redução na incidência ao longo do tempo para nenhuma classe de tetrápode, sugerindo uma flutuação natural de ano para ano

VI.4 REFERÊNCIAS – HPA

BAKHTIARI, R.A.; ZAKARIA, M.P.; RAMIN, M.; YAZIZ, M.I.; LAJIS, M.N.H.; BI, X. 2010. Characterization of perylene in tropical environment: comparison of new and old fungus comb for identifying perylene precursor in *Macrotermes gilvus* termite nests of Peninsular Malaysia. **Environment Asia** 3, 13-19.

BÍGEGO, M.C.; TANIGUCHI, S.; LOURENÇO, R.A. 2018. Avaliação e Interpretação de Resultados de Hidrocarbonetos de Petróleo, Organoclorados e Organobromados em Amostras Biológicas de Tetrápodes Provenientes de Programas de Monitoramento Ambiental da Petrobras. **Relatório de Atualização do Estado da Arte – RAEA**, 2018 IOUSP. São Paulo, 119 p.

BJORSETH, A. 1983. **Handbook of Polycyclic Aromatic hydrocarbons: Emission source and recent progress in analytical chemistry**. CRC, New York, 719p.

BROMAN, D.; NAUF, C.; LUNDBERGH, I.; ZEBUHR, Y. 1990. An *in situ* study on the distribution, biotransformation and flux of polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) in an aquatic food chain (seston-*Mytilus edulis*-*Somateria mollissima* L.) from the baltic: An ecotoxicological perspective. **Environmental Toxicology and Chemistry** 9, 429-442.

GÓMEZ-CAMPOS, E., BORRELL, A., CORREAS, J., AGUILAR, A. 2015. Topographical variation in lipid content and morphological structure of the blubber in the striped dolphin. **Sci. Mar.** 79, 189-197.

HYLLAND, K. 2006. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) ecotoxicology in marine ecosystems. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A** 69, 109-123.

JONSSON, G.; BECHMANN, R.K.; BAMBER, S.D.; BAUSSANT, T. 2004. Bioconcentration, biotransformation and elimination of polycyclic aromatic hydrocarbons in sheepshead minnows (*Cyprinodon variegatus*) exposed to contaminated seawater. **Environmental Toxicology and Chemistry** 23, 1538-1548.

LOURENÇO, R.A.; TANIGUCHI, S.; SILVA, J.; DIAS, P.S.; BÍCEGO, M.C. 2019. Comparação entre técnicas de extração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em tecidos hepático e adiposo de tetrápodes marinhos e avaliação da heterogeneidade dos tecidos. **Química Nova** 42, 1-9.

MAGALHÃES, C.A.; TANIGUCHI, S.; LOURENÇO, R.A.; MONTONE, R.C. 2017. Organochlorine pesticides, PCBs, and PBDEs in liver and muscle tissues of *Paralichthys brasiliensis*, *Trichiurus lepturus* and *Cathorops spixii* in Santos Bay and surrounding area, São Paulo, Brazil. **Regional Studies in Marine Science** 16, 42-48.

MCELROY, A.E.; FARRINGTON, J.W.; TEAL, J.M. 1989. Bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment, *In*: Varanasi, U.; ed.; **Metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment**: Boca Raton, Florida, CRC Press, p. 1-39.

MEADOR J.P.; STEIN, J.E.; REICHERT, W.L.; VARANASI, U. 1995. Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by marine organisms. *In*: Ware, G.W. (Ed.), **Reviews Environmental Contamination and Toxicology**. Springer-Verlag, New York, pp. 79–165.

MÉNDEZ-FERNANDEZ, P.; GALLUZZI, P.P.; TANIGUCHI, S.; SANTOS, M.C.O.; MONTONE, R.C. 2016. Validating the use of biopsy sampling in contamination assessment studies of small cetaceans. **Marine Pollution Bulletin** 107, 364-369.

NEFF, J.M. 1979. **Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment: Sources, fates, and biological effects**: London, UK, Applied Science Publishers, 262p.

NEFF, J.M. 2002, **Bioaccumulation in marine organisms**. Effect of contaminants from oil well produced water: Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 452p.

NRC. 2003. Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects Committee on Oil in the Sea: Inputs, Fates, and Effects. National Research Council. 265p

PABST, D.A.; ROMMEL, S.A.; MCLELLAN, W.A. 1999. Functional anatomy of marine mammals. pp. 15-72. *In*: J.E. Reynolds III and S.A. Rommel (eds.) **Biology of Marine Mammals**. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

SANSEVERINO, A.M.; MENICONI, M.F.G. 2014. Avaliação de metodologias analíticas e teores de HPA em baleias, golfinhos, aves e tartarugas marinhas: atendimento ao licenciamento do polo pré-sal da Bacia de Santos – Etapa 2. **RT AMA 024/2014**. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES 19 p.

SANSEVERINO, A.M.; MENICONI, M.F.G. 2015. Avaliação de metodologias analíticas e teores de HPA em pinípedes e sirênios: atendimento ao licenciamento do polo pré-sal da Bacia de Santos – Etapa 2. **RT AMA 020/2015**. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES, 2015. 41 p.

SKUPIŃSKA K.; MISIEWICZ I.; KASPRZYCKA-GUTTMAN T. 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons: physicochemical properties, environmental appearance and impact on living organisms. **Acta Poloniae Pharmaceutica** 61, 233–240.

STOUT, S.A.; UHLER, A.D.; MACCARTHY, K.J.; EMSBO-MATTINGLY, S.D. 2002. Chemical fingerprinting of hydrocarbons. *In: Introduction to environmental forensics*, Editors: Murphy, B.L. and Morrisson, R.D.; San Diego, California, EUA, Academic Press.

STOUT, S.A.; WANG, Z. 2007. Chemical fingerprinting of spilled or discharged petroleum methods and factors affecting petroleum fingerprints in the environment. **Oil spill Environmental Forensics - Fingerprinting and Source Identification**: San Diego, CA, EUA, Academic Press Elsevier.

TAKEUCHI, I.; MIYOSHI, N.; MIZUKAWA, K.; TAKADA, H.; IKEMOTO, T.; OMORI, K.; TSUCHIYA, K. 2009. Biomagnification profiles of polycyclic aromatic hydrocarbons, alkylphenols and polychlorinated biphenyls in Tokyo Bay elucidated $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ isotope ratios as guide to trophic web structure. **Marine Pollution Bulletin** 58, 663-671.

UNEP, 2002. **Central America and the Caribbean Regional Report**, Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances, Geneva, Switzerland.

VAN DEN BRINK, N. W. 1997. Directed transport of volatile organochlorine pollutants to polar regions: the effect on the contamination pattern of Antarctic seabirds. **Science of the Total Environment** 198, 43 - 50.

WADE T.L.; CANTILLO, A.Y. 1994. **NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 77**. Use of standards and reference materials in the measurement of chlorinated hydrocarbons residues. Chemistry Workbook 1994. National Status and Trend Program for Marine Environmental Quality, NOAA, Silver Spring, 1994.

WAN, Y.; JIN, X.; HU, J., JIN, F. 2007. Trophic dilution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in a marine food web from Bohai Bay, north China. **Environmental Science and Technology** 41, 3109-3114.

WEBSTER, L.; SHEPHERD, N.; RUSSELL, M.; PACKER, G.; DALGARNO, E.J.; NEAT, F. 2017. Monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Scottish

deepwater environments (MoreDeep). **Scottish Marine and Freshwater Science**
Vol. 8 No 9, 18pp.

WILCKE, W.; AMELUNG, W.; KRAUSS, M.; MARTIUS, C.; BANDEIRA, A.;
GARCIA, M.V.B. 2003. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) patterns in
climatically different ecological zones in Brazil: **Organic Geochemistry** 34, 1405-
1417.

YUNKER, M.B.; MACDONALD, R.W.; VINGARZAN, R.; MITCHELL, R.H.
GOYETTE, D.; SYLVESTRE, S. 2002. PAHs in the Fraser River basin: a critical
appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. **Organic
Geochemistry** 33, 489–515.

VII. ELEMENTOS TRAÇO

A partir da revisão de trabalhos publicados em um período de 10 anos (2006 a 2016), segundo o Relatório de Estado da Arte apresentado à Petrobras em outubro de 2017, estabeleceu-se faixas de concentração de elementos traço em amostras de tecido hepático obtidas pelo Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS), executado pela PETROBRAS para atendimento de condicionantes ambientais das licenças de operação de suas atividades de E&P na Bacia de Santos. Estas amostras são obtidas de carcaças de animais encontrados mortos (aves marinhas, tartarugas marinhas e mamíferos marinhos) em estágio 2 de decomposição ao longo da área de monitoramento. Os valores encontrados para aves marinhas, tartarugas marinhas e mamíferos marinhos são resumidamente apresentados na Tabela VII-1. Além do fator espécie, estas concentrações, podem variar de acordo com idade (*Puffinus gravis*, BARBIERI *et al.*, 2007; *Chelonia mydas*, BARBIERI *et al.*, 2009), sexo (aves marinhas, ØVERJORDET *et al.*, 2015), hábitat (aves marinhas, ISHI *et al.*, 2013; VEGA *et al.*, 2010) e preferências alimentares (aves marinhas, CIPRO *et al.*, 2014; cetáceos, LEMOS *et al.*, 2013).

Tabela VII-1. Concentrações mínimas e máximas de elementos traço ($\mu\text{g g}^{-1}$), em peso seco, em tecido hepático de cetáceos, tartarugas marinhas e aves marinhas.

Elemento	Cetáceos	Tartarugas marinhas	Aves marinhas	Pinípedes marinhos
	Mínimo – Máximo	Mínimo – Máximo	Mínimo – Máximo	Mínimo – Máximo
As	0,414-40,25	2,86-87,9	0,073-8,09	0,50-14,0
Cd	0,002-169	0,05-219,84	<0,01-87,3	0,008-142
Cr	0,03-2,82	0,24-2,15	0,001-7,93	0,001-0,945
Cu	1,38-132	2,47-388,8	0,257-804	0,09-138
Pb	0,00168-2,687	0,06-14,5	0,000014-18,33	0,003-179
Mn	1,51-27,3	0,06-14,1	0,71-24,09	0,5-18,8
Mo	-	0,29-1,71	0,2-0,863	0,19-1,34
Zn	29-2220	1,32-324,8	11,5-230	6-398
Ni	0,008-0,182	0,01-30,88	< 0,04-18,3	0,015-5,09
Ba	0,274	-	-	0,16-228
V	0,03-0,93	0,43-17,8	<0,05	0,003-3,86
Hg	0,11-3737	0,026-2,59	0,08-22,8	0,006-557

Quando considerada a concentração de elementos traço em território brasileiro, no mesmo período (2006 a 2016), as espécies mais recorrentes nos estudos foram *Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guianensis*, entre os mamíferos marinhos, e *Chelonia mydas*, entre as tartarugas marinhas. Em relação a aves marinhas, foram realizados estudos no período considerado com as espécies *Spheniscus magellanicus*, *Puffinus gravis*, *Onychoprion fuscatus*, *Pterodroma arminjoniana* e *Anous stolidus*.

O presente estudo visa a determinação de 12 elementos traço em tecido hepático de tetrápodes marinhos (e.g. aves marinhas, tartarugas marinhas e mamíferos marinhos) encontrados encalhados ou arribados na costa brasileira (desde Laguna/SC até Saquarema/RJ) e recolhidos pelo Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS). As amostras de tecido hepático para análise de elementos traço foram coletadas e armazenadas pelas instituições responsáveis pela execução do monitoramento até que a UNESP fosse contratada para analisá-las, o que ocorreu em 09/2016. No item VII.2.2 apresentam-se as 48 espécies amostradas (total de 2571 indivíduos) e os locais de amostragem (total de 15 trechos). A espécie com maior número de indivíduos amostrados, dentre as tartarugas marinhas, foi *Chelonia mydas* (n=962) e *Caretta caretta* (n = 35); dentre as aves marinhas foram *Spheniscus magellanicus* (n=775), *Larus dominicanus* (n=183), *Sula leucogaster* (n = 126), *Phalacrocorax brasilianus* (n= 73) e *Fregata magnificens* (n = 52); dentre os mamíferos marinhos, *Pontoporia blainvillei* (n = 100), *Sotalia guianensis* (n= 87); dentre os mamíferos marinhos foi o *Arctocephalus australis* (n = 28). Em virtude do número de amostras coletadas e da necessidade de um n amostral mínimo necessário para os tratamentos estatísticos, os gráficos e as análises estatísticas foram realizados apenas para as espécies com n amostral igual a 20 ou mais indivíduos coletados. Com este critério, a partir do 4º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traços em Amostras Biológicas de Tetrápodes Marinhos, mais duas espécies foram incorporadas às análises estatísticas, *Caretta caretta* e *Fregata magnificens*, totalizando 10 espécies a diferença das 8 espécies analisadas estatisticamente no 3º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traços em Amostras Biológicas de Tetrápodes Marinhos. Para o presente relatório não houve novas espécies que

atendessem ao critério estabelecido do n amostral mínimo para tratamento estatístico. O número de indivíduos amostrados, para estas dez espécies, representou 94,2% de todos os tetrápodes coletados.

Neste relatório são apresentadas as principais atividades desenvolvidas no período de dezembro de 2016 a dezembro de 2021. No item VII.1.1 são apresentados os métodos de recebimento, reamostragem, pré-tratamento, fracionamento, preservação das amostras, digestão, determinação de elementos traço por ICP- MS e CVAFS e método de tratamento estatístico dos resultados. No item VII.2 são apresentados os resultados e a análise estatística. Nos itens VII.3, VII.4 e VII.5 são apresentadas as discussões, as considerações e as referências bibliográficas, respectivamente.

VII.1 MÉTODOS

VII.1.1 *Recebimento, preparo e preservação de amostras*

Recebimento e Reamostragem

Após o recebimento e verificação dos respectivos documentos de custódia, todas as amostras encaminhadas ao Centro de Estudos Ambientais da UNESP (CEA/UNESP) foram prontamente armazenadas em ultra freezer (-80 °C).

Até 31.12.2021, foram recebidas 3448 amostras de Tetrápodes Marinhos (inclui: tecido hepático, rim, pele, pena, músculo e outros) provenientes do PMP-BS.

Do total de amostras recebidas, 2151 amostras foram recebidas até agosto de 2019, durante o primeiro período do projeto, período no qual as Áreas estavam identificadas como FASE 1 (UNIVALI, a qual desde setembro de 2019 foi subdividida nas áreas PMP-BS Área SP e PMP-BS Área SC/PR) e como FASE 2 (CTA, que a partir de setembro de 2019 se denomina PMP-BS Área RJ).

Destas 2151 amostras recebidas durante o primeiro período do projeto, 1888 amostras foram enviadas pela FASE 1 (Executada pela UNIVALI nos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo), das quais 1177 amostras foram analisadas e seus laudos emitidos e 710 amostras estiveram em não conformidade (346 foram

de tecidos de rim, pele, pena e músculo; 43 tecidos sem identificação, 44 foram coletadas com material rinsado com álcool absoluto e 277 foram amostras com massa inferior a 10 g), destas, somente uma amostra com massa inferior a 10 g ainda não foi analisada e encontra-se ainda armazenada no CEA e já foi autorizada para análise.

Analogamente, das 2151 amostras recebidas até agosto de 2019, 263 amostras foram enviadas pela FASE 2 (Executada pela CTA no estado do Rio de Janeiro). Destas amostras, 217 foram analisadas e seus laudos emitidos e 46 amostras estiveram em não conformidade com as normas estabelecidas em contrato (amostras de outros tecidos, amostras descongeladas e com vazamento e amostras com massa inferior a 10 g).

A partir de setembro de 2019, que foi adotada a nova nomenclatura para as áreas de coleta, foram recebidas no Laboratório de Elementos Traços, no CEA-Unesp de Rio Claro até dezembro de 2021, 1297 amostras, das quais 523 amostras foram enviadas pela PMP-BS Área SP, 569 enviadas pela PMP-BS Área SC/PR e 205 pela PMP-BS Área RJ.

As 523 amostras enviadas pela PMP-BS Área SP até dezembro de 2021, já foram analisadas e seus laudos emitidos. De igual forma, as 569 amostras enviadas pela PMP-BS Área SC/PR e, as 205 amostras enviadas pela PMP-BS Área RJ, já foram analisadas e seus laudos emitidos.

A partir de maio de 2017 foi estabelecida uma série histórica dos dados obtidos (média móvel \pm desvio-padrão, para cada um dos elementos traço) utilizando o software TIBCO Spotfire, sendo que em junho de 2020 ocorreu a migração, sem prejuízos, para o Microsoft Power BI. Visando garantir a qualidade dos resultados foram considerados como laudos aprovados aqueles que seus resultados ficaram dentro do intervalo média móvel \pm 2 desvios-padrão. Para resultados superiores ou inferiores ao intervalo (média móvel \pm 2 desvios-padrão) foi realizada uma nova análise (análise confirmatória). Quando os resultados foram confirmados na análise confirmatória, o laudo foi aprovado com os resultados da análise confirmatória. Quando os resultados foram diferentes na análise confirmatória, uma terceira análise foi realizada (para confirmação da segunda análise). Confirmada a terceira análise, os resultados foram alterados no respectivo laudo (laudo aprovado).

Do total de 2571 laudos enviados para avaliação da Petrobras até a dezembro de 2021, 696 tiveram suas reanálises solicitadas, as quais já foram aprovadas e validadas. Os resultados das análises químicas e das análises confirmatórias dos laudos de 01/2017 a 2571/2021 foram validados pela Petrobras. Para a análise estatística foram considerados os dados contidos nos laudos de 01/2017 a 2571/2021 totalizando 2571 laudos.

Os tipos de tecidos recebidos durante o período de dezembro de 2016 a dezembro de 2021 estão relatados na Tabela VII.1.1-1.

Tabela VII.1.1-1 – *Tecidos das amostras encaminhadas para o Centro de Estudos Ambientais da UNESP (CEA/UNESP).*

Tipos de Tecidos	Quantidade de Amostras Recebidas
Tecido hepático	3059
Outros tecidos (rim, pele, pena, músculo e outros)	347
Tecidos sem identificação	43
Total	3448

Considerando o número total de amostras recebidas, apenas 88,7% das amostras são de tecido hepático, 10,1% são outros tecidos, que não fazem parte do escopo do estudo, e 1,2% são amostras sem identificação (Figura VII.1.1-1). Cabe salientar que a maior porcentagem de amostras de outros tecidos foi coletada no início do projeto quando ainda não havia sido capacitada a totalidade das equipes responsáveis pela amostragem. No ano de 2020 foi recebida somente uma amostra de cérebro e não foram recebidas amostras de outros tecidos no ano de 2021.

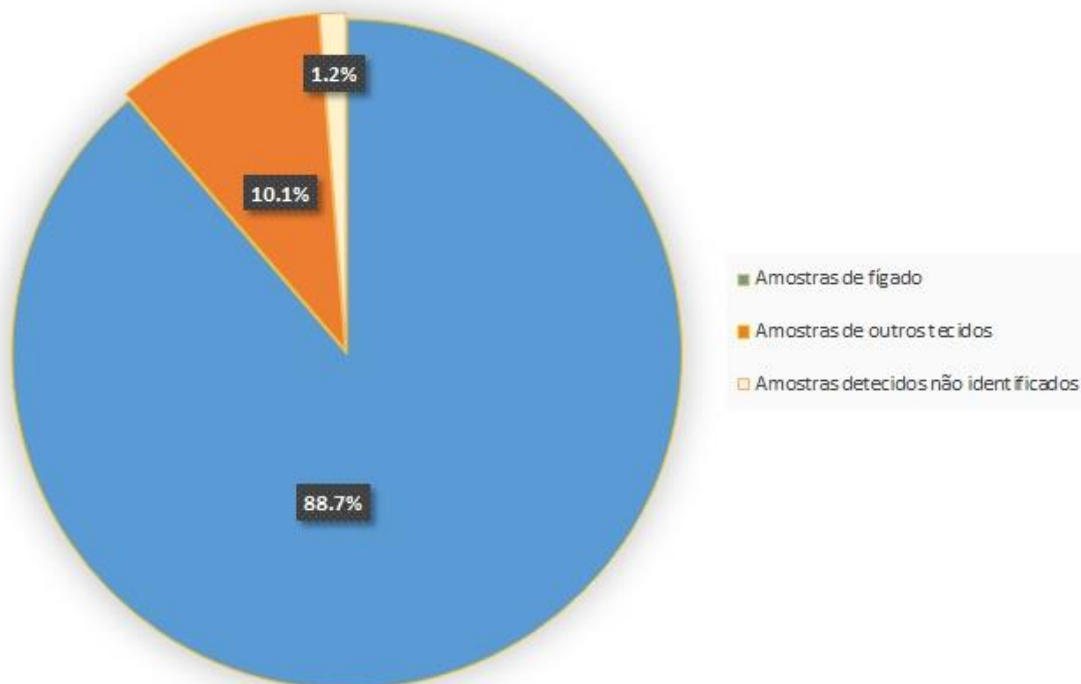
Tecidos recebidos

Figura VII.1.1-1 – Amostras para análise de elementos traço recebidas no período de dezembro de 2016 a dezembro de 2021 distribuídas por tecidos (%).

Do total de 3059 amostras de tecido hepático recebidas até 31.12.2021, 132 amostras foram coletadas com faca de inox, bisturi ou foram acondicionadas em recipientes inadequados. Para estas amostras foi necessário a reamostragem com faca de cerâmica e tábua de vidro. O procedimento de reamostragem consistiu na remoção de uma fina camada superficial da amostra, o qual foi realizado em uma capela de fluxo laminar (Figura VII.1.1-2). Desta forma, assegurou-se a qualidade das análises. Entretanto, cabe salientar que as 132 amostras de tecido hepático coletadas com faca de aço inox, foram coletadas no início do projeto quando ainda não tinham sido completadas as capacitações do pessoal responsável pela amostragem.

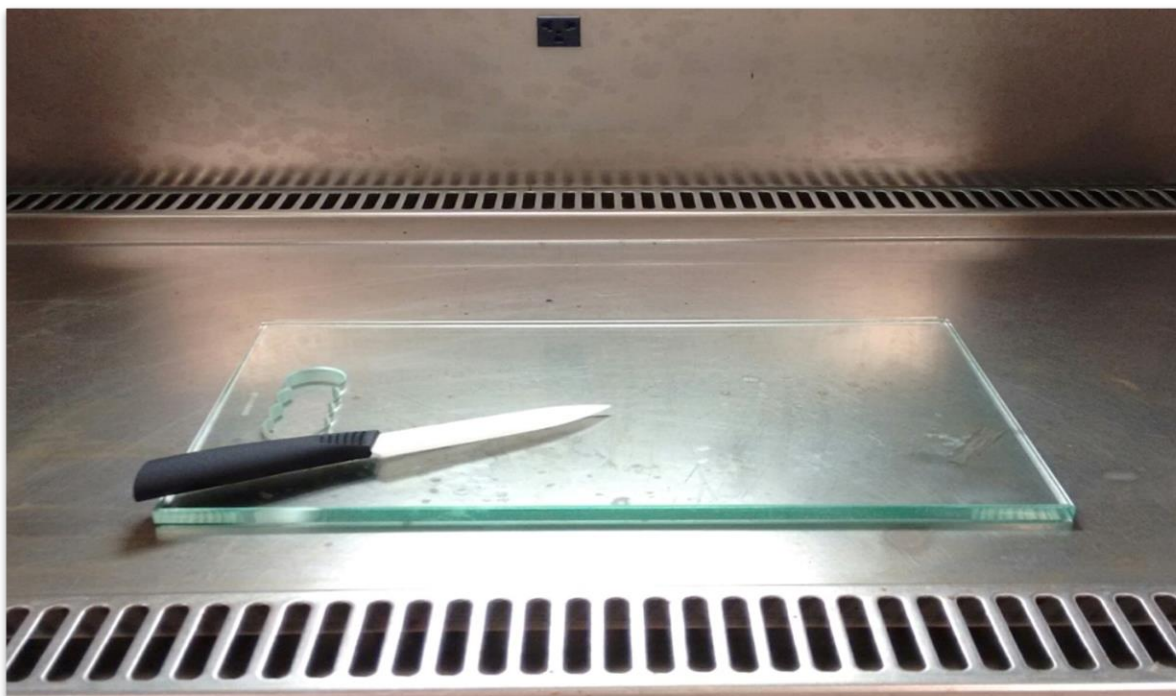


Figura VII.1.1-2 – Faca de cerâmica, tábua de vidro e capela de fluxo laminar utilizados na reamostragem das amostras.

O número de amostras que necessitaram de reamostragem com faca de cerâmica correspondem a 4,3% do total analisado. Após a conclusão dos treinamentos das equipes de coleta não foram recebidas mais amostras manipuladas com faca de inox, em comparação aos dados de anos anteriores, esta porcentagem tem diminuído consideravelmente.

Pré-tratamento, Fracionamento e Preservação das Amostras

Amostras de tecido hepático com massa mínima de 3 g oriundas de aves com massa corpórea total inferior a 500 g encaminhadas ao Centro de Estudos Ambientais da UNESP foram primeiramente identificadas e relacionadas (planilha Excel e Relatórios Mensais) para a Petrobras. Após triagem realizada pela Petrobras e constatação de que estas amostras atenderam aos critérios estabelecidos pela Petrobras na revisão 4 do Protocolo 8 – Coleta, armazenamento e envio de amostras para análises de elementos traços, HPA, biomarcadores e fingerprint do PMP-BS (massa inferior a 10 g), as amostras selecionadas para

análise (28 amostras do total analisado), foram maceradas e em seguida divididas em duas partes. Uma parte contendo no mínimo 1,25 g de amostra *in natura* foi liofilizada e destinada à análise de V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Ba e Pb. Uma segunda parte, contendo no mínimo 1 g de amostra *in natura*, foi destinada para análise de Hg. Durante o processamento (maceração e pesagem) estima-se uma perda que pode variar entre 0,3 e 0,5 g da amostra. Levando em consideração os valores mínimos necessários para as análises, nesta condição, se necessário, não é possível realizar análise confirmatória. Mesmo estando os resultados fora do intervalo média ± 2 desvios-padrão, mantem-se os dados da primeira análise.

As amostras com quantidade aproximada de 10 g de tecido hepático de tetrápodes marinhos encaminhadas ao Centro de Estudos Ambientais da UNESP para análise de elementos traço, depois de reamostradas, quando necessário, foram maceradas e homogeneizadas (com grau e pistilo de plástico, Figura VII.1.1-3), sendo então, subdivididas em três partes. Uma parte, contendo no mínimo 5 g de amostra *in natura* foi liofilizada, sendo parte da amostra seca (0,175 g) destinada à análise de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V, e o restante armazenado em tubos de centrífuga de polipropileno (PP) dentro de dessecadores (no caso de necessidade de análise confirmatória ou evidência de erros analíticos nas determinações dos mencionados analitos). Uma segunda parte, contendo no mínimo 1 g *in natura*, foi destinada a análise de Hg. A terceira fração, contendo a massa restante da amostra *in natura* (essa quantidade variou de acordo com a massa de amostra recebida), foi devidamente armazenada em tubos de centrífuga de polipropileno (PP) em ultrafreezer a -80 °C (Figura VII.1.1-4) para os casos de necessidade de análise confirmatória ou evidência de erros analíticos nas determinações.



Figura VII.1.1-3 – Grau e Pistilo de plástico utilizados na maceração das amostras.



Figura VII.1.1-4 – Ultrafreezer (-80°C) utilizado para armazenamento das amostras.

VII.1.2 Métodos de análise química

Tratamento das Amostras

Liofilização

Após o processo de pré-tratamento a fração da amostra destinada a determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V foi submetida ao processo de liofilização. O método consistiu, inicialmente, em pesar a amostra (aproximadamente 5g) e, posteriormente, introduzi-la congelada (aproximadamente -80 °C) em um liofilizador (*Alpha 1-2 Ldplus–Christ*, Figura VII.1.2-1). A liofilização foi conduzida nas seguintes condições: temperatura (-40 °C) e pressão (0,11 mbar) durante 72 horas. Ao fim do processo de liofilização, a amostra foi pesada novamente. O teor de umidade da amostra foi obtido através da diferença de massa da amostra antes e depois do procedimento de liofilização.

Para amostras com massa mínima de 3 g, oriundas de aves com massa corpórea total inferior a 500 g, destinada à análise de V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Ba e Pb, após pré-tratamento, uma fração contendo no mínimo 1,25 g de amostra *in natura* foi submetida ao processo de liofilização. O processo de liofilização e determinação do teor de umidade foi realizado seguindo as mesmas condições descritas no parágrafo anterior.

Ao final da liofilização a amostra seca foi novamente macerada e então acondicionada em frasco de plástico (previamente descontaminados com HNO₃ 10 % V/V). Após acondicionamento, a amostra foi armazenada em dessecador pressurizado, até ser submetida ao procedimento de digestão.

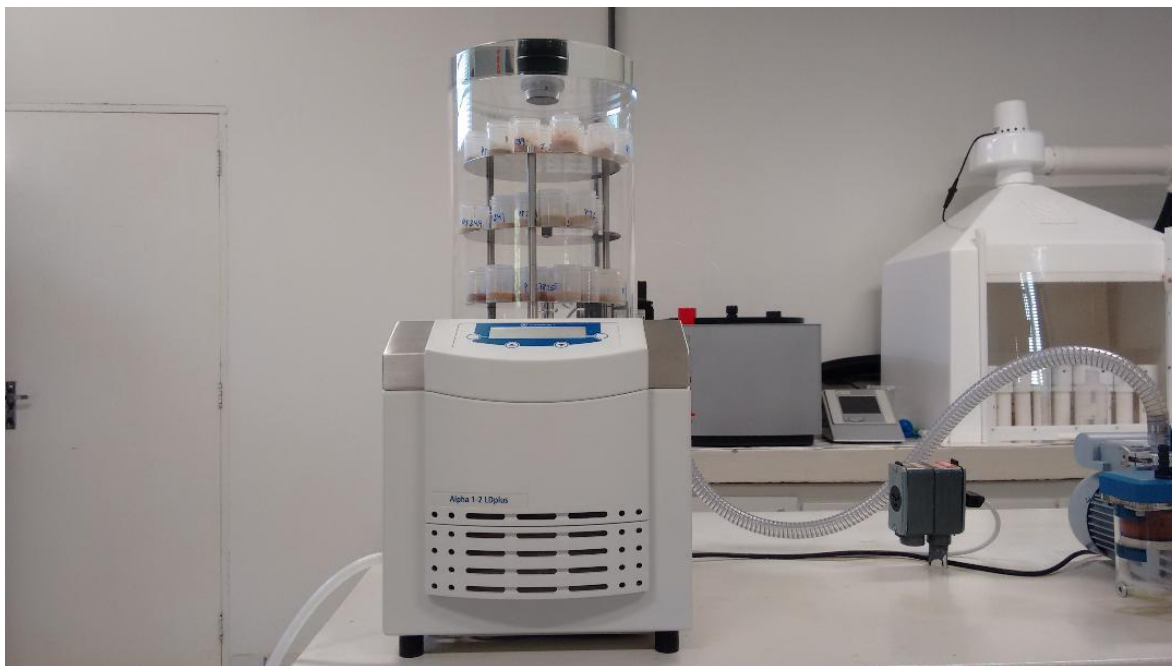


Figura VII.1.2-1 – Liofilizador utilizado para secagem das amostras.

Digestão das Amostras para Determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V

O método empregado para as digestões das amostras (visando a determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V) foi baseado no protocolo EPA 3051, utilizando digestores de amostra assistido por micro-ondas *Speedwave four SW4–Berghof–Alemanha* (Figura VII.1.2-2) e *Ethos Easy–Milestone MLS– Itália*, equipado com um rotor com capacidade para 44 frascos(TFM), projetados para trabalhos com pressão máxima de 35 bar, temperatura máxima de 300 °C e volume de 100 mL (Figura VII.1.2-3).

A utilização do micro-ondas *Ethos Easy* foi iniciada em fevereiro de 2019. Para isso, foram necessárias algumas adaptações no procedimento de digestão das amostras para as análises por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS).

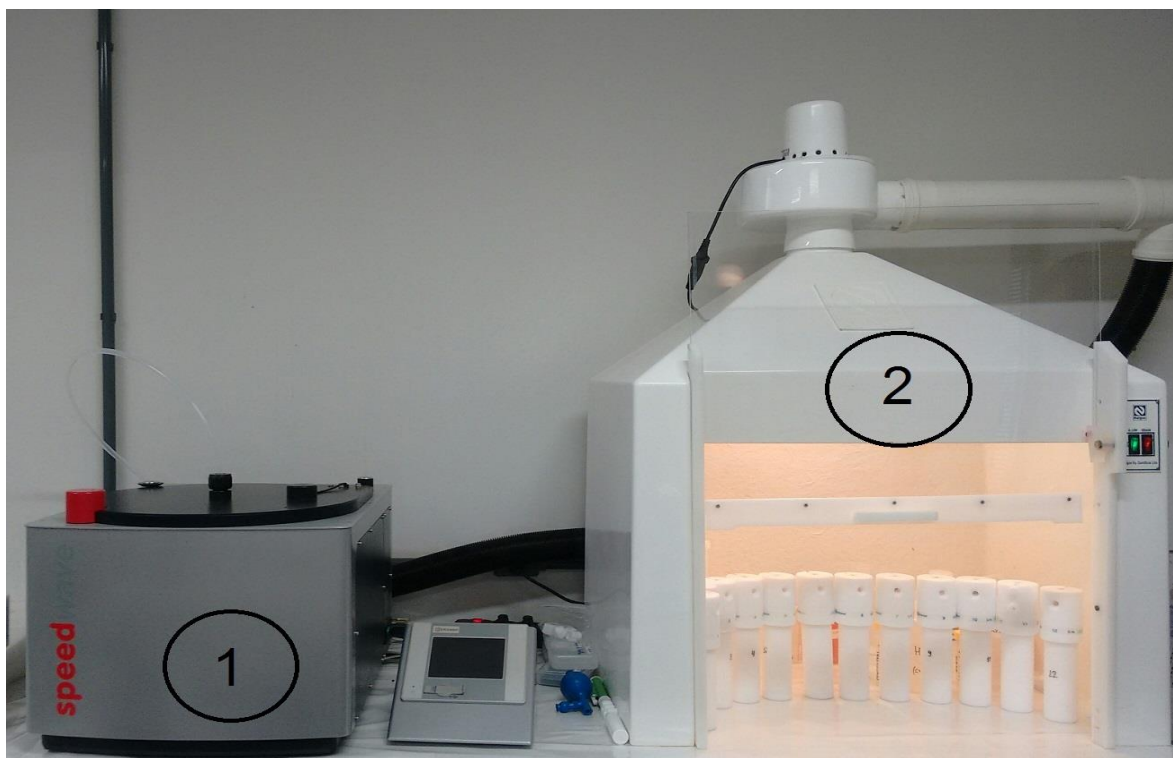


Figura VII.1.2-2 – Digestor micro-ondas (1) e capela de exaustão (2) usados na digestão e preparo das amostras.

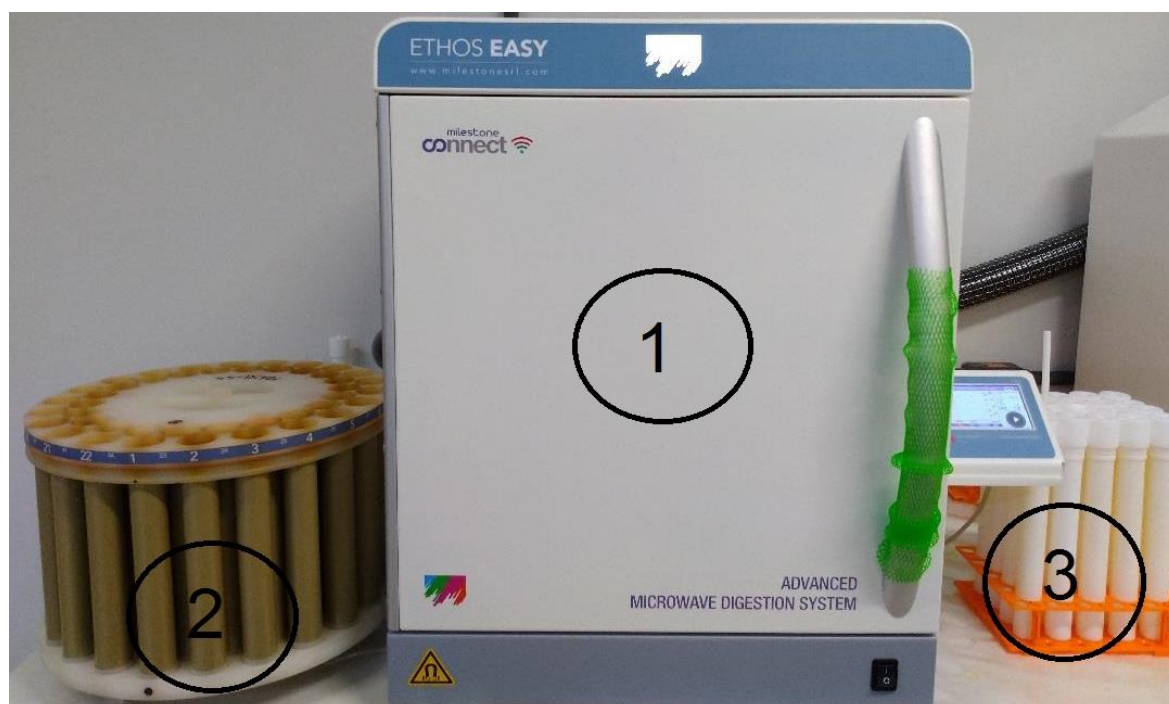


Figura VII.1.2-3 – Digestor micro-ondas (1), rotor de 44 frascos(2) e frascos (3) usados na digestão e preparo das amostras.

Speedwave four SW4–Berghof

Antes da digestão, o interior dos frascos de teflon do digestor foi descontaminado utilizando 15 mL de HNO₃ concentrado. O método consistiu em aquecer os frascos contendo o ácido elevando a temperatura à 170 °C em 5 minutos e permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. Em seguida os frascos foram aquecidos a 200 °C em 1 minuto, e a temperatura mantida constante por 15 minutos. Durante o aquecimento, a potência máxima foi 90% da capacidade do equipamento (aproximadamente 1100 W) e a pressão máxima em cada frasco não foi superior a 35 bar. Posteriormente, os frascos foram lavados de 3 a 5 vezes com água ultrapura grau 1. O procedimento foi repetido utilizando 15 mL de água ultrapura grau 1.

Após a limpeza, foi pesado 175 mg da amostra liofilizada (balança analítica), sendo essa massa transferida ao frasco de digestão. Em seguida foi adicionado 5 mL de HNO₃ concentrado (bidestilado abaixo do ponto de ebulição) ao frasco contendo a amostra. Visando uma pré-digestão e consequente homogeneização do material em cada frasco, ácido e amostra permaneceram em contato por 10 minutos em temperatura ambiente. Em seguida, os frascos contendo amostra e ácido foram fechados e inseridos no digestor.

Na primeira etapa do procedimento de digestão, as temperaturas das amostras foram elevadas à 170 °C em 10 minutos, permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. Nesta etapa, a potência utilizada no digestor não foi superior a 80% da capacidade do equipamento (aproximadamente 980 W) e a pressão máxima nos frascos foi de 30 bar. Na segunda etapa, a temperatura foi elevada à 200 °C em 3 minutos e mantida constante durante 20 minutos. Nesta etapa, a potência máxima utilizada no digestor micro-ondas foi de 90% (aproximadamente 1100 W). Finalmente, as amostras foram resfriadas no interior do equipamento durante 10 minutos.

Ethos Easy– Milestone MLS

Antes da digestão, o interior dos frascos de teflon do digestor foi descontaminado utilizando 15 mL de HNO₃ concentrado. O método consistiu em

aquecer os frascos contendo o ácido elevando a temperatura à 170 °C em 5 minutos e permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. Em seguida os frascos foram aquecidos a 200 °C em 1 minuto, e a temperatura mantida constante por 15 minutos. Durante o aquecimento, a potência máxima foi de 100% da capacidade do equipamento (aproximadamente 1800 W) e a pressão máxima em cada frasco não foi superior a 35 bar. Posteriormente, os frascos foram lavados de 3 a 5 vezes com água ultrapura grau 1. O procedimento foi repetido utilizando 15 mL de água ultrapura grau 1.

Após a limpeza, foi pesado 175 mg da amostra liofilizada (balança analítica), sendo essa massa transferida ao frasco de digestão. Em seguida foi adicionado 8 mL de HNO₃ concentrado (bidestilado abaixo do ponto de ebulição) ao frasco contendo a amostra. Visando uma pré-digestão e consequente homogeneização do material em cada frasco, ácido e amostra permaneceram em contato por 10 minutos em temperatura ambiente. Em seguida, os frascos contendo amostra e ácido foram fechados e inseridos no digestor.

Na primeira etapa do procedimento de digestão, as temperaturas das amostras foram elevadas à 170 °C em 10 minutos, permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. Na segunda etapa, a temperatura foi elevada à 200 °C em 3 minutos e mantida constante durante 20 minutos. Em todas as etapas de aquecimento, a potência utilizada no digestor foi 100% da capacidade do equipamento (aproximadamente 1800 W) e a pressão máxima nos frascos foi de 35 bar. Finalmente, as amostras foram resfriadas no interior do equipamento durante 10 minutos.

Diluição do extrato

Independente do modelo do digestor micro-ondas utilizado, o procedimento de diluição do extrato empregado foi mantido. Ainda que o teor de ácido seja 2% maior quando utilizado o digestor *Ethos Easy* em relação ao procedimento de digestão utilizado o digestor *Speedwave four*, os valores de brancos, LD e LQ foram mantidos para a determinação de elementos traço por ICP-MS.

O extrato digerido da amostra foi transferido quantitativamente aos tubos de centrífuga de 50 mL (previamente descontaminados com HNO₃ 10% V/V e

pesados). A transferência quantitativa dos digeridos para os tubos de centrífuga foi conduzida lavando-se os frascos de digestão de 3 a 5 vezes com água ultrapura grau 1 e o volume final ajustado para 50 mL. Para obter exatidão no processo de diluição, a massa final do extrato foi pesada utilizando balança analítica. Por fim, o digerido foi dividido em três pseudo-réplicas a partir de uma nova diluição, onde foram transferidos 5 mL do digerido da amostra, e o volume ajustado para 15 mL com água ultrapura grau 1. De modo semelhante ao realizado para o digerido concentrado, para se obter as pseudo-réplicas, as diluições foram pesadas utilizando balança analítica (massa do digerido concentrado e massa final das pseudo-réplicas). Posteriormente, os digeridos diluídos (pseudo-réplicas) foram analisados por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS).

Digestão das Amostras para Determinação de Hg

Conforme descrito acima, a partir de fevereiro de 2019 foi iniciado a utilização do micro-ondas *Ethos Easy* para a digestão das amostras. Desta forma, foram necessárias algumas adaptações nos procedimentos de digestão e diluição das amostras para as análises por espectrometria de fluorescência atômica com geração de vapor frio (CVAFS).

Speedwave four SW4–Berghof

O procedimento de descontaminação dos frascos de teflon para digestão das amostras para determinação de Hg foi semelhantemente aos procedimentos descritos acima.

Posterior a descontaminação, cerca de 1 g de amostra úmida (*in natura*) foi transferida para os frascos de digestão previamente descontaminados. Em seguida, foram adicionados 2 mL HNO₃ (concentrado) e 6mL de HCl (concentrado), ambos bidestilados abaixo do ponto de ebulição e mantidos em pré-digestão (*overnight*). Após período de pré-digestão, os frascos contendo amostra e ácidos foram fechados e inseridos no digestor.

Na primeira etapa do procedimento de digestão, as temperaturas das amostras foram elevadas à 170 °C em 17 minutos, permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. Nesta etapa, a potência utilizada no digestor não foi superior a 80% da capacidade do equipamento (aproximadamente 980 W) e a pressão máxima nos frascos foi de 30 bar. Na segunda etapa, a temperatura foi elevada à 200 °C em 3 minutos e mantida constante durante 20 minutos. Nesta etapa, a potência máxima utilizada no digestor micro-ondas foi de 90% (aproximadamente 1100 W). Finalmente, as amostras foram resfriadas no interior do equipamento durante 10 minutos.

O uso de HCl na mistura digestora é necessário para manter o Hg em solução como $\text{HgCl}^{\text{n}\pm}$, evitando a formação do aquocomplexo (Hg^{2+}). Quando comparado com o clorocomplexo de mercúrio, o aquocomplexo é mais facilmente transformado à Hg^0 e, conseqüentemente, perdido por volatilização. Após a digestão, o extrato digerido da amostra foi transferido quantitativamente e o volume final ajustado para 15 mL. De maneira análoga à descrita acima, a massa do extrato concentrado foi pesada utilizando balança analítica.

Ethos Easy– Milestone MLS

Posterior a descontaminação (conforme descrito acima), cerca de 0,5 g de amostra úmida (*in natura*) foi transferida para os frascos de digestão previamente descontaminados. Em seguida, foram adicionados 2 mL HNO_3 (concentrado) e 6 mL de HCl (concentrado), ambos bidestilados abaixo do ponto de ebulição e mantidos em pré-digestão (*overnight*). Após período de pré-digestão, os frascos contendo amostra e ácidos foram fechados e inseridos no digestor.

Na primeira etapa do procedimento de digestão, as temperaturas das amostras foram elevadas à 170 °C em 17 minutos, permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. Na segunda etapa, a temperatura foi elevada à 200 °C em 3 minutos e mantida constante durante 20 minutos. Em todas as etapas de aquecimento, a potência utilizada no digestor foi 100% da capacidade do equipamento (aproximadamente 1800 W) e a pressão máxima nos frascos foi de 35 bar. Finalmente, as amostras foram resfriadas no interior do equipamento durante 10 minutos. Após a digestão, o extrato digerido da amostra foi transferido

quantitativamente e o volume final ajustado para 15 mL. De maneira análoga à descrita acima, a massa do extrato concentrado foi pesada utilizando balança analítica.

Diluição do extrato

Posterior a etapa de digestão, o digerido concentrado (obtido conforme descrição acima) foi dividido em três pseudo-réplicas transferindo-se as seguintes alíquotas para tubos de centrifuga de 50 mL: 1 mL do digerido (quando aplicado o procedimento utilizando o micro-ondas *Speedwave four SW4–Berghof*) ou 2 mL do digerido (quando aplicado o procedimento utilizando o micro-ondas *Ethos Easy–Milestone MLS*); 2-4 mL de uma solução contendo KBr (1,19% m/V) / KBrO_3 (0,28% m/V); 2,5 mL de HCl bidestilado (concentrado); 30 – 60 μL de uma solução de hidroxilamina (12% m/V) para neutralizar o excesso da solução KBr/ KBrO_3 (EPA, 2007). Ao fim da adição dos reagentes, o volume da amostra foi ajustado para 50 mL. As pseudo-réplicas foram analisadas por espectrometria de fluorescência atômica com geração de vapor frio (CVAFS). Similarmente ao realizado para determinações utilizando ICP-MS, as diluições para se obter as pseudo-réplicas foram baseadas em pesagens (massa do digerido concentrado e massa final da pseudo-réplica).

VII.1.3 Determinações

ICP-MS

Foi utilizado um ICP-MS (*Thermo modelo X séries II– Bremen – Alemanha*), equipado com célula de colisão. O equipamento está inserido em sala pressurizada com classificação ISO 7 e temperatura controlada (Figura VII.1.3-1).



Figura VII.1.3-1 – Espectrômetro de massas com plasma acoplado indutivamente utilizado para as determinações de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V.

Determinações de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V

As determinações de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V tiveram como base o protocolo Environmental Protection Agency–EPA 6020A. O método prevê o uso de padrão interno e equações de correção para as superações de interferências (EPA, 1998). No entanto, neste trabalho, potenciais interferências poliatômicas nos elementos de interesse foram corrigidas através do uso de Célula de Colisão e Reação (CCR) contendo gás Hélio.

A calibração de massas do equipamento foi controlada diariamente, não ultrapassando 0,1 u.m.a. (unidade de massa atômica) do valor teórico. A resolução espectral (medida à 10% da altura pico), também controlada diariamente, foi inferior a 0,9 u.m.a.

Atingidas as condições de calibração de massas e resolução espectral, o equipamento foi otimizado diariamente utilizando uma solução (solução *tune*) contendo 10 $\mu\text{g L}^{-1}$ de Ba, Be, Bi, Ce, Co, In, Li, Ni, Pb e U diluídos em HNO_3 (2% V/V).

Um relatório de desempenho instrumental, fornecido pelo equipamento, serviu de suporte para avaliação das condições iniciais de análise. Não obedecendo às especificações do fabricante, incluídas no relatório de desempenho instrumental, a calibração de massas (resolução) e/ou do detector foram realizadas conforme orientações do fabricante e o equipamento otimizado novamente.

Após verificação do desempenho instrumental, as pseudo-réplicas foram analisadas usando padronização interna. As soluções-padrão de trabalho foram obtidas a partir de diluições sucessivas de uma solução-padrão estoque 10 mg L⁻¹ multielementar certificada. Uma curva analítica com 5 ou 6 padrões (0 µg kg⁻¹; 0,5 µg kg⁻¹; 2,5 µg kg⁻¹; 5 µg kg⁻¹; 10 µg kg⁻¹; 50 µg kg⁻¹; 100 µg kg⁻¹; 200 µg kg⁻¹; 300 µg kg⁻¹; 500 µg kg⁻¹), preparados com a mesma concentração de HNO₃ presente nas amostras (3,3% V/V quando aplicado o procedimento utilizando o micro-ondas *Speedwave four SW4 – Berghof* ou 5,3% V/V quando aplicado o procedimento utilizando o micro-ondas *Ethos Easy– Milestone MLS*) foi utilizada para padronização do equipamento. Os padrões 0 µg kg⁻¹; 0,5 µg kg⁻¹; 2,5 µg kg⁻¹; 5 µg kg⁻¹; 10 µg kg⁻¹; 50 µg kg⁻¹ foram utilizados para quantificação de As, Cd, Cr, Pb, Mn, Mo, Ni, Ba e V, encontrados em menor concentração nas amostras. Os padrões 0 µg kg⁻¹; 50 µg kg⁻¹; 100 µg kg⁻¹; 200 µg kg⁻¹; 300 µg kg⁻¹; 500 µg kg⁻¹ foram utilizados para quantificação de Cu e Zn encontrados em concentrações mais elevadas.

Visando manter o rigor adotado para as diluições dos digeridos, as alíquotas da solução-estoque e volumes finais das soluções-padrão foram pesadas. O procedimento utilizado foi semelhante ao adotado para as diluições dos digeridos.

Juntamente com as soluções-padrão e amostras (pseudo-réplicas do digerido) foi introduzido *on-line* uma solução (100 µg kg⁻¹) como padrão interno (PI) contendo: ⁶Li, ⁴⁵Sc, ⁸⁹Y, ¹⁰³Rh, ¹¹⁵In, ¹⁵⁹Tb, ¹⁶⁹Ho, ²⁰⁹Bi. Durante as determinações, as variações dos sinais do PI não foram superiores à 30%. Pseudo-réplicas com supressão ou aumento do sinal superiores 30% foram diluídas, pelo menos, 2,5 vezes e foram reanalisadas (EPA, 1998).

Após a padronização, soluções-padrão com concentrações conhecidas (padrões de verificação, com concentração 2,5 µg kg⁻¹ e 100 µg kg⁻¹), foram utilizados para avaliar o *drift* instrumental. Durante as determinações, os valores das concentrações obtidas para os padrões de verificação não tiveram variações

superiores a 10% do valor esperado ($2,5 \mu\text{g kg}^{-1}$ e $100 \mu\text{g kg}^{-1}$). A cada 10 determinações consecutivas, os padrões de verificação foram quantificados juntamente com o padrão de menor concentração da curva analítica ($0 \mu\text{g kg}^{-1}$) (EPA, 1998).

Para avaliar a exatidão das análises, uma quantidade conhecida dos analitos foi adicionada à uma das pseudo-réplicas (*spike*). As pseudo-réplicas contendo *spikes* foram quantificadas juntamente com as amostras com uma periodicidade de 1 pseudo-réplica com *spike* para 20 amostras. As recuperações dos analitos foram no mínimo 75 e no máximo 125% do valor adicionado (EPA, 1998).

Também para avaliar a exatidão das análises, foi analisada uma amostra de referência juntamente com cada lote de 20 amostras de tecido hepático de tetrápodes. Foi utilizada como amostra referência uma amostra de tecido hepático bovino MR-05/12 (Tecido animal – Fígado Bovino– EMBRAPA – BRASIL) com concentrações dos analitos conhecidas. As recuperações dos analitos foram no mínimo 80 e no máximo 120% do valor esperado.

As concentrações dos analitos nas amostras são expressos em mg kg^{-1} (peso seco), calculados segundo a equação:

$$[M_{\text{peso seco}}] = C.Fd$$

Onde:

C = concentração do elemento no digerido (mg kg^{-1})

Fd = fator de diluição da amostra

CVAFS

Para a determinação de Hg foi utilizado um espectrômetro de fluorescência atômica (AFS) (*PS Analytical* modelo *Millennium Merlin*– Kent – Reino Unido), equipado com bomba peristáltica; válvula de comutação solenoide controlada via *software*; controladores de fluxo de massa, separador líquido-gás. O equipamento está inserido em sala pressurizada com classificação ISO 7 (Classe 10.000) e temperatura controlada (Figura VII.1.3-2).

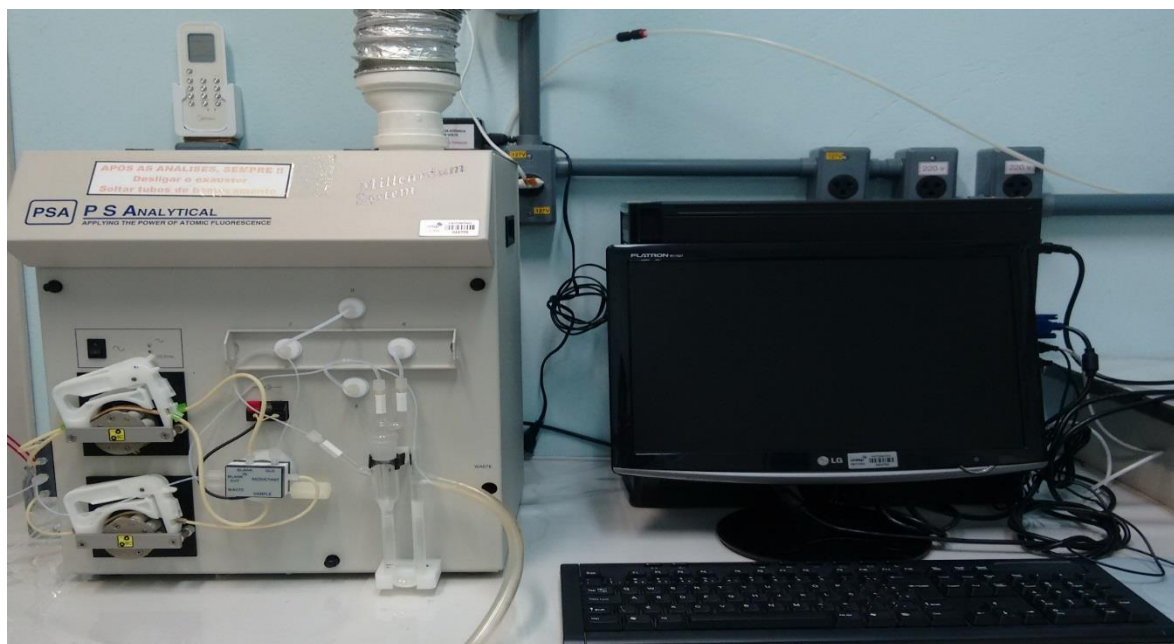


Figura VII.1.3-2 – Espectrômetro de fluorescência atômica utilizado para a determinação de Hg.

Determinação de Hg

O método para determinação de Hg tem como base os protocolos EPA 245.7 e 7474. Estes protocolos sugerem a CVAFS como técnica analítica para a determinação de Hg_(total) em concentrações acima de 5 ng L⁻¹ em amostras de água, solo ou biológicas.

Após os ajustes instrumentais, as amostras foram quantificadas utilizando 5 ou 6 soluções-padrão de trabalho (com concentrações de 0 µg kg⁻¹; 0,1 µg kg⁻¹; 0,25 µg kg⁻¹; 0,5 µg kg⁻¹; 1,0 µg kg⁻¹) obtidas a partir de diluições sucessivas de uma solução-padrão estoque certificada. Foi mantida nas soluções-padrão de Hg a mesma quantidade das soluções de KBr/KBrO₃, HCl e hidroxilamina adicionada nas pseudo-réplicas dos digeridos. A redução de Hg²⁺ a Hg⁰ em soluções-padrão e amostras foi realizada utilizando como agente redutor uma solução de SnCl₂ a 2% (m/V) quando aplicado o procedimento utilizando o micro-ondas *Speedwave four SW4 – Berghofe* 4% (m/V) quando aplicado o procedimento utilizando o micro-ondas *Ethos Easy*, dissolvido em HCl (10% V/V) bidestilado abaixo do ponto de ebulição adicionado *on-line* (EPA, 2007).

Periodicamente (a cada 10 determinações consecutivas) foi analisado um padrão de verificação contendo de $0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$ do analito (contendo a mesma quantidade de soluções de KBr/KBrO₃, hidroxilamina e HCl adicionadas nas amostras), sendo sua a recuperação durante as determinações mantida entre 90 – 110%. O branco analítico também foi analisado a cada 20 análises consecutivas (EPA, 2007).

Visando manter o rigor adotado para as diluições dos digeridos, as alíquotas da solução-estoque e volumes finais das soluções-padrão de trabalho foram pesadas. O procedimento utilizado foi semelhante ao adotado para as diluições dos digeridos.

Para avaliar a exatidão das análises, uma quantidade conhecida de Hg foi adicionada (*spike*) a uma das pseudo-réplicas. Um segundo *spike* também é preparado com uma quantidade duas vezes maior que o primeiro. Periodicamente, a cada 20 análises consecutivas, as amostras com *spikes* foram analisadas. As recuperações dos *spikes* variaram entre 80-120% (EPA, 2007).

Também para avaliar a exatidão das análises, foi analisada uma amostra de referência juntamente com cada lote de 20 amostras de tecido hepático de tetrápodes. Foi utilizada como amostra referência uma amostra de fígado bovino *in natura* (MR) enriquecida com Hg. As recuperações dos analitos foram no mínimo 80 e no máximo 120 % do valor esperado.

As concentrações de Hg nas amostras são expressas em mg kg^{-1} de amostra (peso seco), calculadas segundo a equação:

$$[M_{\text{peso seco}}] = \frac{C.M}{W.S}$$

Onde:

C = concentração de Hg no digerido (mg kg^{-1})

M = massa final da amostra digerida (kg)

W = massa da amostra úmida (kg)

S = teor de sólido da amostra (%)

Tratamento Estatístico dos Resultados

Como ferramenta para interpretação dos resultados, as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *Excel* e o software de domínio livre *BioEstat*. Foram levados em consideração os fatores: espécie (correspondente às amostras das espécies de tetrápodes analisadas), localização (correspondente a instituição de coleta, denominado por trecho), sexo (correspondente ao sexo dos indivíduos coletados) e idade (correspondente ao estágio do desenvolvimento dos indivíduos coletados). Para o presente relatório, também foi realizada uma avaliação temporal dos resultados das análises das espécies para amostras coletadas entre os anos 2015 e 2020.

Primeiramente, foram realizadas as análises descritivas e elaboração de gráficos do tipo histograma para as dez (10) espécies de maior ocorrência (*Chelonia mydas*, n = 962; *Spheniscus magellanicus*, n = 775; *Larus dominicanus*, n = 183; *Sula leucogaster*, n = 126; *Pontoporia blainvillei*, n = 100; *Sotalia guianensis*, n = 87; *Phalacrocorax brasilianus*, n = 73; *Fregata magnificens*, n = 52; *Caretta caretta*, n=35 e *Arctocephalus australis*, n = 28).

Posterior as análises descritivas e histogramas, as concentrações dos elementos traço com as demais variáveis das dez (10) espécies com maior ocorrência foram avaliadas aplicando testes de hipótese nula (H_0) da normalidade dos dados, usando o teste de *Lilliefors* com e sem transformações logarítmicas do conjunto de dados. Como rejeitou-se a normalidade para as variáveis não se testou a homogeneidade das variâncias. Em decorrência destas análises, o conjunto de dados foi posteriormente analisado estatisticamente utilizando os testes não-paramétricos *Kruskal-Wallis* e *Student-Newman-Keuls*. Em todos os testes foi assumido um nível de significância de 5%.

VII.2 RESULTADOS

VII.2.1 Validação dos métodos

Exatidão

Para validação do método baseado em determinações por ICP-MS foi utilizado o material de referência certificado (CRM) TORT-3 (hepatopâncreas de lagosta, *National Research Council – CANADÁ*).

Na impossibilidade de quantificação de As, Ni, Ba e V (valores menores que o limite de detecção) na amostra de referência MR-05/12 (Tecido animal – Fígado Bovino Liofilizado – EMBRAPA – BRASIL) o material foi enriquecido com os respectivos analitos, antes de processo de digestão. A quantidade enriquecida correspondeu a uma concentração final dos analitos no digerido de $35,2 \mu\text{g kg}^{-1}$.

Na Tabela VII.2.1-1 estão apresentados os resultados das análises das amostras TORT-3 (hepatopâncreas de lagosta *National Research Council – CANADÁ*) e MR- 05/12 (Tecido animal – Fígado Bovino Liofilizado – EMBRAPA – BRASIL) usando ICP- MS. Os resultados apresentados para o material certificado (CRM) correspondem a uma única análise ($n=3$, 3 pseudo-réplicas) e os resultados apresentados para a amostra de referência (MR-05/12) correspondem ao valor médio de 3 análises de 3 pseudo-réplicas obtidas em 3 dias não consecutivos.

A Tabela VII.2.1-1 mostra que resultados obtidos para o CRM apresentaram recuperações satisfatórias para a determinação de elementos traço. Assim, conclui-se que o método implantado no CEA/UNESP satisfaz critérios de exatidão atuais e rigorosos (INMETRO, 2010) para a determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V por ICP-MS.

Para a validação do método baseado em determinações por CVAFS, além do uso do CRM, foram realizados testes de recuperação em uma amostra de fígado bovino *in natura* (MR). O teste adicional foi realizado considerando que as determinações de Hg foram realizadas sem a liofilização da amostra.

Tabela VII.2.1-1 – Análise das amostras TORT-3 (hepatopâncreas de lagosta National Research Council – CANADÁ) e MR-05/12 (Tecido animal – Fígado Bovino Liofilizado – EMBRAPA – BRASIL) usando ICP-MS (Peso seco – mg kg⁻¹). Média \pm Desvio Padrão ($M \pm DP$). Recuperação \pm Desvio.

Elemento	TORT-3 (Certificado)	TORT-3 ^a (Obtido) $M \pm DP$	TORT-3 ^a (Obtido) $R \pm DPR$	MR-05/12 ^b $M \pm DP$	MR-05/12 ^b (Obtido) $R \pm DPR$
As	59,5 \pm 3,8	60 \pm 1	101 \pm 7	28,9 \pm 0,3 ^c	99 \pm 1
Cd	42,3 \pm 1,8	40,0 \pm 0,6	95 \pm 5	0,09 \pm 0,01	-
Cr	1,95 \pm 0,24	1,77 \pm 0,02	91 \pm 12	0,95 \pm 0,06	-
Cu	497 \pm 22	383 \pm 4	77 \pm 5	218,8 \pm 4,8	-
Pb	0,225 \pm 0,018	0,226 \pm 0,006	100 \pm 8	0,07 \pm 0,1	-
Mn	15,6 \pm 1	13,2 \pm 0,2	85 \pm 7	7,04 \pm 0,43	-
Mo	3,44 \pm 0,12	2,82 \pm 0,02	82 \pm 4	3,6 \pm 0,2	-
Zn	136 \pm 6	135 \pm 2	99 \pm 5	145,2 \pm 7,5	-
Ni	5,3 \pm 0,24	4,78 \pm 0,05	90 \pm 5	27,4 \pm 0,3 ^c	94 \pm 1
Ba	-	-	-	29,5 \pm 0,3 ^c	101 \pm 0,5
V	9,1 \pm 0,4	8,15 \pm 0,08	90 \pm 5	27,6 \pm 0,4 ^c	94 \pm 2

a - n=3

b - n=9

c - Enriquecidos com adições

Na Tabela VII.2.1-2 estão apresentados os resultados para Hg da análise da amostra CRM TORT-3 e a recuperação obtida para a amostra de fígado bovino *in natura* enriquecida com mercúrio (MR). Os resultados apresentados para o material certificado (CRM) correspondem a uma única análise (n=3, 3 pseudo-réplicas) e os resultados apresentados para o teste de recuperação (amostra MR) correspondem ao valor médio de 3 análises de 3 pseudo-réplicas obtidas em 3 dias não consecutivos.

Tabela VII.2.1-2 – Determinação de Hg (Peso seco – mg kg⁻¹) na amostra TORT-3 (hepatopâncreas de lagosta National Research Council – CANADÁ) e recuperação de Hg (%) na amostra MR (Tecido animal – fígado bovino *in natura*) obtidas usando CVAFS. Média \pm Desvio Padrão ($M \pm DP$). Recuperação \pm Desvio Padrão Relativo ($R \pm DPR$).

Elemento	TORT-3 (Certificado)	TORT-3 ^a (Obtido) $M \pm DP$	TORT-3 ^a (Obtido) $R \pm DPR$	MR ^b $M \pm DP$	MR ^b (Recuperação) $M \pm DP$
Hg	0,292 \pm 0,022	0,255 \pm 0,009	87 \pm 8	0,23 \pm 0,02	108 \pm 10

a. n=3

b. n=9

A Tabela VII.2.1-2 mostra que os resultados obtidos para o CRM e MR apresentaram uma ótima recuperação do analito. Assim, conclui-se que o método implantado no CEA/UNESP para a determinação de Hg por CVAFS satisfaz critérios de exatidão atuais e rigorosos (INMETRO, 2010).

Como mencionado anteriormente, as amostras de referência (MR-05/12 e MR, fígado bovino liofilizado e fígado bovino *in natura*) receberam os mesmos tratamentos que as amostras de tecido hepático de tetrápodes marinhos, sendo analisadas em uma periodicidade de 20 amostras consecutivas ou a cada lote de análise (quando o número de amostras foi < 20).

A média dos resultados de recuperação das amostras de referência obtidos durante o período de análise (janeiro – junho de 2017) encontram-se na Tabela VII.2.1-3.

Tabela VII.2.1-3 – Recuperação média e desvio-padrão (%) das amostras de referência (MR- 05/12 e MR, fígado bovino liofilizado e fígado bovino *in natura*) obtidas nas análises das amostras (inclui somente os lotes aprovados, n=5).

Elemento	MR M ± DPR
*As	96 ± 7
Cd	104 ± 17
Cr	105 ± 12
Cu	90 ± 13
Pb	118 ± 7
Mn	89 ± 7
Mo	105 ± 13
Zn	93 ± 6
*Ni	90 ± 8
*Ba	97 ± 13
*V	99 ± 9
* Hg	102 ± 12

* valores de recuperação para *slope*

Os resultados apresentados na tabela acima, recuperações entre 89 - 118%, com variações inferiores a 20%, (Tabela VII.2.1-3) mostraram que os resultados das análises (usando ICP-MS e CVAFS) das amostras apresentadas neste relatório (janeiro – junho de 2017) foram obtidos em condições de excelente exatidão.

Precisão e Linearidade do Método

A precisão do método foi avaliada por meio da repetitividade e reprodutibilidade, expressas como desvio padrão relativo das medidas.

Para avaliação da repetitividade por ICP-MS foram realizadas sucessivas medidas ($n = 9$) utilizando duas soluções contendo As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V a $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ e $100 \mu\text{g kg}^{-1}$, mantendo-se as condições de análise. A solução (A) contendo $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ foi utilizada para avaliar a curva para determinação de elementos traço encontrados em menor concentração (As, Cd, Cr, Pb, Mn, Mo, Ni, Ba e V) e a solução (B) contendo $100 \mu\text{g kg}^{-1}$ foi utilizada para avaliar a curva de elementos traço encontrados em concentração mais elevadas (Cu e Zn). Os resultados da média e desvio padrão relativo encontram-se na Tabela VII.2.1-4. Neste caso, a precisão foi caracterizada por um desvio padrão relativo entre 1 e 5%, valor menor que o *drift* instrumental baseado no método EPA 6020A (variações caracterizadas por um desvio-padrão relativo $\leq 10\%$).

Tabela VII.2.1-4 – Análise de elementos traço e resultados da repetitividade das soluções (A) a $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ e (B) a $100 \mu\text{g kg}^{-1}$, usando ICP-MS. Média \pm Desvio Padrão ($M \pm DP - \mu\text{g kg}^{-1}$). Desvio Padrão Relativo (DPR - %) ($n = 9$).

Elemento	Solução A M \pm DP	Solução A DPR	Solução B M \pm DP	Solução B DPR
As	5,05 \pm 0,07	2	-	-
Cd	5,13 \pm 0,06	1	-	-
Cr	5,06 \pm 0,08	2	-	-
Cu	-	-	107 \pm 2	2
Pb	4,82 \pm 0,03	1	-	-
Mn	5,0 \pm 0,1	2	-	-
Mo	5,3 \pm 0,3	5	-	-
Zn	-	-	105 \pm 1	1
Ni	5,09 \pm 0,09	2	-	-
Ba	5,02 \pm 0,05	1	-	-
V	4,96 \pm 0,07	1	-	-

Similar ao procedimento descrito acima, a avaliação da repetitividade para a determinação de Hg por CVAFS foi realizada através de medidas sucessivas ($n = 9$) de uma solução contendo Hg a $0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$ (C), mantendo as condições de análise. Os resultados da média e desvio padrão relativo encontram-se na Tabela VII.2.1-5. Conforme resultados obtidos (DPR = 10%), o método para determinação de Hg

apresentou-se confiável e adequado, baseado nos métodos EPA 7474 e 245.7 (variações caracterizadas por um desvio-padrão relativo $\leq 10\%$).

Tabela VII.2.1-5 – Análise de Hg e resultados da repetitividade da solução © a $0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$, usando CVAFS. Média \pm Desvio Padrão ($M \pm DP - \mu\text{g kg}^{-1}$). Desvio Padrão Relativo (DPR - %) ($n = 9$).

Elemento	Solução C $M \pm DP$	Solução C DPR
Hg	$0,279 \pm 0,028$	10

A reprodutibilidade do método para ICP-MS foi calculada a partir dos resultados de desvio padrão relativo das análises ($n = 9$) em diferentes condições de análise (dia e operador). A avaliação foi realizada utilizando uma solução (A) contendo $5 \mu\text{g kg}^{-1}$, utilizada para avaliar a curva para determinação de elementos traço encontrados em menor concentração (As, Cd, Cr, Pb, Mn, Mo, Ni, Ba e V). Analogamente, foi utilizado uma solução (B) contendo $100 \mu\text{g kg}^{-1}$, utilizada para avaliar a curva de elementos traço encontrados em concentração mais elevadas (Cu e Zn). Os resultados da média e desvio padrão relativo encontram-se na Tabela VII.2.1-6. A precisão foi caracterizada por um desvio padrão relativo, obtido entre 1 e 6%. Conforme resultados obtidos, a reprodutibilidade do método foi considerada adequada ($\leq 10\%$, valores próximos a repetitividade) para a determinação de elementos traço por ICP-MS.

A reprodutibilidade do método para a determinação de Hg por CVAFS foi avaliada a partir dos resultados de desvio padrão relativo das análises ($n = 9$) em diferentes condições de análise (dia e operador). A avaliação foi realizada utilizando uma solução © contendo $0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$ de Hg. Os resultados da média e desvio padrão relativo encontram-se na Tabela VII.2.1-7. A precisão foi caracterizada por um desvio padrão relativo de 10%. Conforme este resultado, a reprodutibilidade do método para a determinação de Hg por CVAFS foi considerada adequada ($\leq 10\%$, valor próximo a repetitividade).

Tabela VII.2.1-6 – Análise de elementos traço e resultados da reprodutibilidade das soluções (A) a $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ e (B) a $100 \mu\text{g kg}^{-1}$, usando ICP-MS. Média dos resultados ($M - \mu\text{g kg}^{-1}$). Desvio Padrão Relativo (DPR - %) ($n = 9$).

Elemento	Solução A $M \pm DP$	Solução A DPR	Solução B $M \pm DP$	Solução B DPR
As	$5,04 \pm 0,09$	2	-	-
Cd	$5,10 \pm 0,07$	1	-	-
Cr	$5,04 \pm 0,10$	2	-	-
Cu	-	-	105 ± 2	2
Pb	$4,78 \pm 0,07$	2	-	-
Mn	$5,1 \pm 0,1$	2	-	-
Mo	$5,12 \pm 0,31$	6	-	-
Zn	-	-	102 ± 3	2
Ni	$5,07 \pm 0,12$	2	-	-
Ba	$5,05 \pm 0,07$	1	-	-
V	$4,95 \pm 0,07$	2	-	-

Tabela VII.2.1-7 – Análise de Hg e resultados da reprodutibilidade da solução © a $0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$, usando CVAFS. Média dos resultados ($M - \mu\text{g kg}^{-1}$). Desvio Padrão Relativo (DPR - %) ($n = 9$).

Elemento	Solução C $M \pm DP$	Solução C DPR
Hg	$0,256 \pm 0,026$	10

Conforme resultados apresentados nas Tabela VII.2.1-4, Tabela VII.2.1-5, Tabela VII.2.1-6 e Tabela VII.2.1-7, a dispersão dos resultados foi satisfatória, comprovando a precisão dos métodos para a determinação de elementos traço por ICP-MS e CVAFS.

Para todas as determinações (ICP-MS e CVAFS), foram aceitas somente curvas analíticas com coeficiente de correlação linear maior que 0,99 ($n \geq 5$).

Limite de Detecção e Limite de Quantificação

O Limite de Detecção (LD) e Limite de Quantificação (LQ) para os métodos implantados foram determinados segundo normas do Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO, 2010). Para cálculo do LD foi considerado o valor t (Student) para $n = 9$ com intervalo de confiança de 99%.

Durante o período de trabalho (janeiro – setembro de 2017), foram observadas variações nos valores de LD e LQ determinados para os métodos. Estas variações foram atribuídas, principalmente, a contaminações provindas de diferentes lotes dos

materiais e reagentes utilizados. O aumento no número de destilações abaixo do ponto de ebulição dos ácidos utilizados no preparo das amostras também afetou significativamente o LD. Objetivando trabalhar nas melhores condições, os cuidados na descontaminação de matérias, reagentes utilizados e preparo das amostras foram progressivamente melhorados.

Na Tabela VII.2.1-8 são apresentados os valores de LD e LQ estabelecidos para os métodos de análises. (INMETRO, 2010).

Tabela VII.2.1-8 – Limite de Detecção e Limite de Quantificação (Peso seco – mg kg^{-1}) estabelecidos para a determinação dos analitos.

Elemento	LD	LQ
As	0,03	0,1
Cd	0,02	0,04
Cr	0,1	0,2
Cu	0,1	0,2
Pb	0,01	0,05
Mn	0,1	0,2
Mo	0,1	0,2
Zn	5	15
Ni	0,1	0,2
Ba	0,1	0,2
V	0,02	0,07
Hg	0,04	0,1

VII.2.2 Resultados e suas variáveis

As tabelas abaixo, mostram a codificação utilizada para os parâmetros espécie (Tabela VII.2.2-1) e localização (Tabela VII.2.2-2). Cabe salientar que a Localização se refere aos trechos de coleta dos animais e, para este parâmetro os trechos 1 e 2 foram agrupados em um só código, devido a que os animais recolhidos no trecho 2 são necropsiados na Unidade de Estabilização de Laguna/SC localizada no trecho 1, assim optou-se por considerar os animais como pertencendo a uma única categoria (código 1/2) de forma a facilitar a análise.

Tabela VII.2.2-1 – Codificação numérica e frequência de indivíduos para espécie.

Espécie	Frequência	Código
<i>Chelonia mydas</i>	962	1
<i>Spheniscus magellanicus</i>	775	2
<i>Larus dominicanus</i>	183	3
<i>Sula leucogaster</i>	126	4
<i>Pontoporia blainvillei</i>	100	5
<i>Sotalia guianensis</i>	87	6
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	73	7
<i>Fregata magnificens</i>	52	8
<i>Caretta caretta</i>	35	9
<i>Arctocephalus australis</i>	28	10
<i>Thalassarche melanophris</i>	19	11
<i>Stenella frontalis</i>	15	12
<i>Nycticorax nycticorax</i>	11	13
<i>Tursiops truncatus</i>	10	14
<i>Puffinus gravis</i>	8	15
<i>Calonectris diomedea</i>	7	16
<i>Kogia breviceps</i>	6	17
<i>Lepidochelys olivacea</i>	6	18
<i>Steno bredanensis</i>	5	19
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	5	20
<i>Arctocephalus tropicalis</i>	4	21
<i>Ardea alba</i>	4	22
<i>Eretmochelys imbricata</i>	4	23
<i>Macroneustes giganteus</i>	4	24
<i>Puffinus puffinus</i>	4	25
<i>Lagenodelphis hosei</i>	3	26
<i>Megaptera novaeangliae</i>	3	27

Espécie	Frequência	Código
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	3	28
<i>Sterna hirundinacea</i>	3	29
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	2	30
<i>Delphinus delphis</i>	2	31
<i>Lontra longicaudis</i>	2	33
<i>Stenella</i>	2	34
<i>Sterna hirundo</i>	2	35
<i>Thalasseus acuflavidus</i>	2	36
<i>Ardea cocoi</i>	1	37
<i>Calonectris</i>	1	38
<i>Calonectris diomedea borealis</i>	1	39
<i>Dermochelys coriácea</i>	1	40
<i>Diomedea epomophora</i>	1	41
<i>Egretta thula</i>	1	42
<i>Haematopus palliatus</i>	1	43
<i>Lobodon carcinophaga</i>	1	44
<i>Phocoena dioptrica</i>	1	45
<i>Rynchops niger</i>	1	46
<i>Stenella attenuata</i>	1	47
<i>Stenella longirostris</i>	1	48
Tot. Individuos	2571	

Tabela VII.2.2-2 – Codificação numérica e frequência de indivíduos para localização.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trechos 1 e 2	270	1/2
Trecho 3	253	3
Trecho 4	90	4
Trecho 5	184	5
Trecho 6	270	6
Trecho 7	253	7
Trecho 8	298	8
Trecho 9	144	9
Trecho 10	418	10
Trecho 11	22	11
Trecho 12	40	12
Trecho 13	122	13
Trecho 14	81	14
Trecho 15	126	15
Total	2571	

Tabela VII.2.2-3 – Codificação numérica e frequência de indivíduos para estágio do desenvolvimento.

Estágio do desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	2103	1
Adulto	365	2
Filhote	66	3
Não informado	19	4
Indeterminado	9	5
Feto	9	6
Total	2571	

Tabela VII.2.2-4 – Codificação numérica e frequência de indivíduos para sexo.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	1748	1
Macho	793	2
Indefinido	29	3
Não informado	1	4
Total	1976	

As informações contidas nas tabelas acima (Tabela VII.2.2-1 até Tabela VII.2.2-4) sobre espécie, local, estágio do desenvolvimento e sexo, foram obtidas nos seus respectivos campos do SIMBA (Sistema de Gerenciamento de Dados do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos), no módulo *prontuário do indivíduo*. Informações sobre local (trecho) foram obtidas segundo as instituições solicitante no módulo *instituição executora*. As informações sobre sexo e estágio de desenvolvimento dos indivíduos foram obtidas no módulo *necropsia*.

O *Apêndice 7 – Elementos Traço* contém os resultados de elementos traço e informações (espécie, local, sexo e estágio do desenvolvimento dos indivíduos) de amostras de 2571 indivíduos (analisadas durante o período de dezembro de 2016 a dezembro de 2021) provenientes das fases 1 e 2 (nomenclaturas usadas até agosto de 2019) e dos PMP-BS SC/PR, SP e RJ (nomenclatura usada após agosto de 2019) do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS).

VII.2.3 *Análise estatística preliminar*

A análise estatística descritiva para todos os elementos traço foi realizada considerando os dados contidos nos laudos 01/2017 a 2571/2021 para as dez espécies mais frequentes (espécies com n amostral igual ou maior a 20 indivíduos coletados), dentre os três grupos de tetrápodes marinhos; aves marinhas, tartarugas marinhas e mamíferos marinhos. Para valores abaixo do LD, considerou-se o critério LD/2 para análises estatísticas descritivas, testes *Kruskal-Wallis* e *Student-Newman-Keuls*. Para a elaboração dos histogramas, foi considerado o valor do LD de cada elemento traço.

Ao se comparar as análises estatísticas realizadas no relatório anterior (4º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traços) e o presente relatório, houve um aumento considerável no número de indivíduos *Spheniscus magellanicus* (427 indivíduos a mais). Este aumento no número de indivíduos foi seguido pela espécie *Chelonia mydas* (166 indivíduos a mais), *Larus dominicanus* (55 indivíduos a mais), *Sula leucogaster* (42 indivíduos a mais), *Pontoporia blainvillei* (27 indivíduos a mais), *Phalacrocorax brasilianus* (23 indivíduos a mais), *Fregata magnificens* (20 indivíduos a mais), *Sotalia guianensis* (17 indivíduos a mais), *Caretta caretta* (13 indivíduos a mais) e *Arctocephalus australis* (3 indivíduos a mais).

Aves Marinhas

Na Tabela VII.2.3-1 são apresentados os dados referentes a estatística descritiva para *Spheniscus magellanicus*, que apresentou a maior concentração média para Zn (254,4 mg kg⁻¹) e a menor para Pb (0,02 mg kg⁻¹), sendo a seguinte sequência obtida, : [Zn] > [Cd] > [Cu] > [Mn] > [Hg] > [As] > [Mo] > [V] > [Cr] > [Ni] > [Ba] > [Pb] . A maior dispersão das medidas foi obtida para Pb (mínimo valor = 0,01mg kg⁻¹ e máximo valor = 1,98 mg kg⁻¹), enquanto a menor foi obtida para Mn, com máximos e mínimos de 29,26 e 2,57 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela VII.2.3-1 – Estatística descritiva para *Spheniscus magellanicus* dos elementos traço ($n = 775$), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	Mediana	Desvio padrão	Desvio padrão relativo	Mínimo	Máximo
As [mg/Kg]	5,89	4,75	4,29	73%	0,36	30,89
Cd [mg/Kg]	38,07	23,20	40,46	106%	0,05	275,69
Cr [mg/Kg]	0,09	0,05	0,14	152%	0,05	2,70
Cu [mg/Kg]	31,99	26,32	27,53	86%	4,87	474,75
Pb [mg/Kg]	0,02	0,01	0,08	365%	0,01	1,98
Mn [mg/Kg]	7,57	7,34	2,08	27%%	2,57	29,26
Mo [mg/Kg]	4,37	4,12	1,82	42%%	0,65	18,96
Zn [mg/Kg]	254,4	249,9	98,05	37%	65,16	869,01
Ni [mg/Kg]	0,07	0,05	0,07	105%	0,05	1,40
Ba [mg/Kg]	0,06	0,05	0,08	131%	0,05	1,91
V [mg/Kg]	0,35	0,16	0,74	211%	0,01	9,44
Hg [mg/Kg]	6,53	6,21	3,80	58%	0,29	29,04

A Tabela VII.2.3-2 apresenta a estatística descritiva para *Larus dominicanus*. A maior concentração média foi a do elemento traço Zn ($135,23 \text{ mg kg}^{-1}$) enquanto a menor concentração foi para Ni ($0,06 \text{ mg kg}^{-1}$), sendo a seguinte sequência obtida: $[\text{Zn}] > [\text{Cu}] > [\text{Mn}] > [\text{Hg}] > [\text{As}] > [\text{Mo}] > [\text{V}] > [\text{Cd}] > [\text{Pb}] > [\text{Cr}] > [\text{Ba}] > [\text{Ni}]$. A maior variação de concentração foi obtida para Pb, com máximos e mínimos de $18,70$ e $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. Já o Mn apresentou a menor variação, com máximos e mínimos de $24,35$ e $2,85$ respectivamente.

Tabela VII.2.3-2 – Estatística descritiva para *Larus dominicanus* dos elementos traço ($n=183$), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	Mediana	Desvio padrão	Desvio padrão relativo	Mínimo	Máximo
As [mg/Kg]	3,12	2,12	2,87	92%	0,10	14,00
Cd [mg/Kg]	0,36	0,26	0,33	89%	0,02	2,04
Cr [mg/Kg]	0,09	0,05	0,08	92%	0,05	0,52
Cu [mg/Kg]	14,69	13,65	5,38	37%	5,78	45,57
Pb [mg/Kg]	0,17	0,04	1,38	801%	0,01	18,70
Mn [mg/Kg]	12,17	11,64	3,03	25%	2,85	24,35
Mo [mg/Kg]	1,94	1,89	0,53	28%	0,05	3,64
Zn [mg/Kg]	135,23	99,63	91,13	67%	35,87	671,22
Ni [mg/Kg]	0,06	0,05	0,07	108%	0,05	0,83
Ba [mg/Kg]	0,07	0,05	0,15	211%	0,05	1,85
V [mg/Kg]	0,52	0,26	0,64	124%	0,01	4,62
Hg [mg/Kg]	3,41	2,95	2,22	65%	0,39	16,35

Na Tabela VII.2.3-3 são apresentados os dados referentes a estatística descritiva para *Sula leucogaster*, que apresentou a maior concentração média para

Zn ($131,52 \text{ mg kg}^{-1}$) e a menor para Pb ($0,02 \text{ mg kg}^{-1}$), sendo a seguinte sequência obtida, $[\text{Zn}] > [\text{Cu}] > [\text{Mn}] > [\text{Hg}] > [\text{As}] > [\text{Mo}] > [\text{Cd}] > [\text{V}] > [\text{Cr}] > [\text{Ba}] > [\text{Ni}] > [\text{Pb}]$. A maior dispersão das medidas foi obtida para Hg (mínimo valor = $0,75 \text{ mg kg}^{-1}$ e máximo valor = $394,65 \text{ mg kg}^{-1}$), enquanto a menor foi obtida para Mn (RSD = 30%), com máximos e mínimos de $35,74$ e $7,27 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente.

Tabela VII.2.3-3 – Estatística descritiva para *Sula leucogaster* dos elementos traço ($n = 126$), considerando o critério $\text{LD} / 2$ para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	Mediana	Desvio padrão	Desvio padrão relativo	Mínimo	Máximo
As [mg/Kg]	1,97	1,52	1,67	85%	0,26	8,47
Cd [mg/Kg]	1,01	0,73	0,91	90%	0,03	5,73
Cr [mg/Kg]	0,11	0,05	0,23	209%	0,05	2,49
Cu [mg/Kg]	17,16	15,12	8,10	46%	4,05	54,47
Pb [mg/Kg]	0,02	0,01	0,03	159%	0,01	0,18
Mn [mg/Kg]	16,68	15,84	4,92	30%	7,27	35,74
Mo [mg/Kg]	1,75	1,69	0,58	33%	0,05	4,36
Zn [mg/Kg]	131,52	109,63	60,28	46%	57,42	351,14
Ni [mg/Kg]	0,06	0,05	0,05	85%	0,05	0,50
Ba [mg/Kg]	0,06	0,05	0,05	83%	0,05	0,47
V [mg/Kg]	0,54	0,39	0,60	110%	0,01	4,40
Hg [mg/Kg]	11,28	5,53	35,77	317%	0,75	394,65

Na Tabela VII.2.3-4 são apresentados os dados referentes a estatística descritiva para *Phalacrocorax brasilianus*, que apresentou a maior concentração média para Zn ($263,02 \text{ mg kg}^{-1}$) e a menor para Ni ($0,06 \text{ mg kg}^{-1}$), sendo a seguinte sequência obtida, $[\text{Zn}] > [\text{Cu}] > [\text{Mn}] > [\text{Hg}] > [\text{Mo}] > [\text{As}] > [\text{V}] > [\text{Cd}] > [\text{Cr}] > [\text{Ba}] > [\text{Pb}] > [\text{Ni}]$. A maior dispersão das medidas foi obtida para Pb (mínimo valor = $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ e máximo valor = $2,74 \text{ mg kg}^{-1}$), enquanto a menor foi obtida para Mn, com máximos e mínimos de $20,57$ e $5,42 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente.

Tabela VII.2.3-4 – Estatística descritiva para *Phalacrocorax brasilianus* dos elementos traço ($n = 73$), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	Mediana	Desvio padrão	Desvio padrão relativo	Mínimo	Máximo
As [mg/Kg]	0,81	0,38	1,06	130%	0,04	5,39
Cd [mg/Kg]	0,14	0,07	0,18	125%	0,01	0,82
Cr [mg/Kg]	0,13	0,05	0,13	104%	0,05	0,85
Cu [mg/Kg]	59,73	43,64	65,05	109%	11,05	489,69
Pb [mg/Kg]	0,06	0,01	0,32	518%	0,01	2,74
Mn [mg/Kg]	11,84	11,38	3,05	26%	5,42	20,57
Mo [mg/Kg]	2,55	2,54	0,71	28%	1,09	4,92
Zn [mg/Kg]	263,02	245,55	151,74	58%	77,66	679,88
Ni [mg/Kg]	0,06	0,05	0,04	65%	0,05	0,33
Ba [mg/Kg]	0,11	0,05	0,40	370%	0,05	3,45
V [mg/Kg]	0,67	0,55	0,47	70%	0,01	1,87
Hg [mg/Kg]	4,28	3,18	3,95	92%	0,78	24,35

A Tabela VII.2.3-5 apresenta a estatística descritiva para *Fregata magnificens*. A maior concentração média de todos os elementos traço analisados foi obtida para Zn ($170,74 \text{ mg kg}^{-1}$) e a menor Pb ($0,02 \text{ mg kg}^{-1}$). A sequência das concentrações foi: $[\text{Zn}] > [\text{Cu}] > [\text{Mn}] > [\text{Hg}] > [\text{As}] > [\text{Mo}] > [\text{Cd}] > [\text{V}] > [\text{Cr}] > [\text{Ni}] > [\text{Ba}] > [\text{Pb}]$. A maior variação dos dados foi obtida para o Pb, com máximos e mínimos de 0,32 a $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente e a menor variação para Ba, mínimo de 0,05 e máximo de $0,15 \text{ mg kg}^{-1}$.

Tabela VII.2.3-5 – Estatística descritiva para *Fregata magnificens* dos elementos traço ($n = 52$), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	Mediana	Desvio padrão	Desvio padrão relativo	Mínimo	Máximo
As [mg/Kg]	5,30	3,14	5,36	101%	0,81	22,71
Cd [mg/Kg]	1,16	0,66	1,94	167%	0,03	11,34
Cr [mg/Kg]	0,08	0,05	0,05	69%	0,05	0,24
Cu [mg/Kg]	27,80	22,92	19,86	71%	10,46	129,16
Pb [mg/Kg]	0,02	0,01	0,05	189%	0,01	0,32
Mn [mg/Kg]	12,52	11,43	4,24	34%	4,52	26,59
Mo [mg/Kg]	1,31	1,27	0,47	36%	0,49	2,99
Zn [mg/Kg]	170,74	149,02	72,94	43%	66,55	385,16
Ni [mg/Kg]	0,07	0,05	0,06	86%	0,05	0,37
Ba [mg/Kg]	0,05	0,05	0,02	29%	0,05	0,15
V [mg/Kg]	0,57	0,33	0,56	98%	0,01	2,09
Hg [mg/Kg]	12,43	8,20	14,65	118%	1,32	77,92

Tartarugas Marinhas

A Tabela VII.2.3-6 apresenta a estatística descritiva para *Chelonia mydas*. A máxima concentração média foi a de Cu (216,0 mg kg⁻¹) enquanto a menor foi a de Cr (0,14 mg kg⁻¹), sendo a seguinte sequência obtida: [Cu] > [Zn] > [Cd] > [Mn] > [As] > [Hg] > [Mo] > [Pb] > [V] > [Ni] > [Ba] > [Cr]. A maior variação de concentração foi obtida para Hg (948%), com máximos e mínimos de 463,05 e 0,05 mg kg⁻¹, respectivamente. Contudo, analisando todo o conjunto de dados para Hg com mais detalhes, observa-se que, exceto para duas amostras com concentrações muito altas (191,93 e 463,05 mg kg⁻¹), o intervalo das concentrações do elemento ficou entre 0,05 e 14,01 mg kg⁻¹. Apesar disso os dois valores (191,93 e 463,05 mg kg⁻¹) não foram considerados *outliers* (foram utilizados na estatística) já que os valores foram validados por meio de análise confirmatória. A menor variação foi para Zn (34 %) com máximos e mínimos de 523,83 e 35,20 mg kg⁻¹, respectivamente. Baixas dispersões de valores foram também obtidas para Mn (40%).

Tabela VII.2.3-6 – Estatística descritiva para *Chelonia mydas* dos elementos traço (*n* = 962), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	Mediana	Desvio-padrão	Desvio padrão relativo	Mínimo	Máximo
As [mg/Kg]	10,25	6,18	13,52	132%	0,17	149,12
Cd [mg/Kg]	27,31	20,88	20,67	76%	0,04	131,45
Cr [mg/Kg]	0,14	0,11	0,16	110%	0,05	2,29
Cu [mg/Kg]	216,00	189,61	129,19	60%	7,77	912,24
Pb [mg/Kg]	1,04	0,51	1,55	149%	0,01	19,41
Mn [mg/Kg]	11,74	11,07	4,68	40%	2,39	42,24
Mo [mg/Kg]	1,08	0,92	0,71	66%	0,05	7,19
Zn [mg/Kg]	147,51	139,34	51,23	34%	35,20	523,83
Ni [mg/Kg]	0,37	0,27	0,45	120%	0,05	4,79
Ba [mg/Kg]	0,23	0,15	0,31	132%	0,05	5,22
V [mg/Kg]	1,03	0,66	1,27	124%	0,01	19,08
Hg [mg/Kg]	1,70	0,71	16,15	948%	0,05	463,05

A Tabela VII.2.3-7 apresenta a estatística descritiva para *Caretta caretta*. A maior concentração média de todos os elementos traço analisados foi obtida para Zn (98,28 mg kg⁻¹) e, a menor Cr (0,15 mg kg⁻¹). A sequência das concentrações foi: [Zn] > [Cd] > [Cu] > [As] > [Mn] > [Hg] > [V] > [Pb] > [Mo] > [Ni] > [Ba] > [Cr]. A maior variação dos dados foi obtida para Pb, com máximos e mínimos de 34,00 a

0,01 mg kg⁻¹, respectivamente. A menor para Zn, mínimo de 39,84 e máximo de 196,37mg kg⁻¹.

Tabela VII.2.3-7 – Estatística descritiva para *Caretta caretta* dos elementos traço ($n = 35$), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	Mediana	Desvio padrão	Desvio padrão relativo	Mínimo	Máximo
As [mg/Kg]	26,48	15,26	37,31	141%	2,59	189,01
Cd [mg/Kg]	32,59	15,56	40,99	126%	3,58	176,96
Cr [mg/Kg]	0,15	0,11	0,16	105%	0,05	0,79
Cu [mg/Kg]	30,87	21,39	30,52	99%	4,51	156,66
Pb [mg/Kg]	1,22	0,17	5,71	469%	0,01	34,00
Mn [mg/Kg]	6,35	5,24	3,64	57%	1,27	19,60
Mo [mg/Kg]	0,80	0,49	0,96	120%	0,05	4,85
Zn [mg/Kg]	98,28	82,22	47,09	48%	39,84	196,37
Ni [mg/Kg]	0,28	0,10	0,65	235%	0,05	3,82
Ba [mg/Kg]	0,16	0,12	0,26	156%	0,05	1,58
V [mg/Kg]	2,00	0,92	3,76	188%	0,01	21,84
Hg [mg/Kg]	2,53	0,78	5,41	214%	0,22	30,25

Mamíferos Marinhos

A Tabela VII.2.3-8 apresenta a estatística descritiva para *Sotalia guianensis*. A concentração média máxima, foi a de Zn (216,48 mg kg⁻¹) enquanto a menor foi a de Pb (0,03 mg kg⁻¹); sendo a seguinte a sequência obtida: [Zn] > [Cu] > [Hg] > [Mn] > [Mo] > [As] > [Cd] > [Ni] > [V] > [Cr] > [Ba] > [Pb]. Ressalta-se, para esta espécie, o alto valor encontrado para a concentração média de Hg (terceiro elemento mais concentrado). A maior variação de concentração foi obtida para Ni, com máximos e mínimos de 12,71 e 0,05 mg kg⁻¹, respectivamente. A menor foi para Ba, com máximos e mínimos de 0,12 e 0,05 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela VII.2.3-8 – Estatística descritiva para *Sotalia guianensis* dos elementos traço ($n = 87$), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	Mediana	Desvio padrão	Desvio padrão relativo	Mínimo	Máximo
As [mg/Kg]	0,88	0,72	0,93	105%	0,09	8,24
Cd [mg/Kg]	0,71	0,17	2,85	402%	0,01	26,57
Cr [mg/Kg]	0,08	0,05	0,05	61%	0,05	0,23
Cu [mg/Kg]	122,41	36,32	211,57	173%	5,16	1437,27
Pb [mg/Kg]	0,03	0,01	0,05	193%	0,01	0,40
Mn [mg/Kg]	12,27	11,26	5,28	43%	1,72	30,11
Mo [mg/Kg]	1,57	1,50	0,76	48%	0,05	3,23
Zn [mg/Kg]	216,48	157,40	197,67	91%	26,35	1554,40
Ni [mg/Kg]	0,37	0,05	1,82	488%	0,05	12,71
Ba [mg/Kg]	0,05	0,05	0,01	14%	0,05	0,12
V [mg/Kg]	0,30	0,21	0,31	104%	0,01	1,46
Hg [mg/Kg]	24,33	5,02	50,69	208%	0,21	282,89

Os dados referentes a estatística descritiva para *Pontoporia blainvillei* são apresentados na Tabela VII.2.3-9. Esta espécie apresentou a maior concentração média para Zn (216,63 mg kg⁻¹) e a menor para Pb (0,02 mg kg⁻¹), com isto a sequência das concentrações de elementos traço foi [Zn] > [Cu] > [Mn] > [Hg] > [Mo] > [As] > [Cd] > [V] > [Cr] > [Ni] > [Ba] > [Pb]. A maior dispersão das medidas foi obtida para Cd (valor mínimo de 0,01 mg kg⁻¹ e valor máximo de 8,58 mg kg⁻¹), enquanto a menor foi obtida para Mn, com máximos e mínimos de 28,63 mg kg⁻¹ e 4,59 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela VII.2.3-9 – Estatística descritiva para *Pontoporia blainvillei* dos elementos traço ($n = 100$), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	Mediana	Desvio padrão	Desvio padrão relativo	Mínimo	Máximo
As [mg/Kg]	1,00	0,80	0,75	75%	0,16	3,77
Cd [mg/Kg]	0,43	0,04	1,09	252%	0,01	8,58
Cr [mg/Kg]	0,11	0,05	0,16	140%	0,05	1,32
Cu [mg/Kg]	78,90	27,16	103,47	131%	4,69	634,57
Pb [mg/Kg]	0,02	0,01	0,04	239%	0,01	0,42
Mn [mg/Kg]	13,98	13,62	4,68	33%	4,59	28,63
Mo [mg/Kg]	1,14	0,86	1,10	97%	0,05	5,34
Zn [mg/Kg]	216,63	129,68	236,55	109%	34,85	1801,10
Ni [mg/Kg]	0,06	0,05	0,04	69%	0,05	0,27
Ba [mg/Kg]	0,06	0,05	0,07	112%	0,05	0,68
V [mg/Kg]	0,42	0,22	0,52	125%	0,01	2,62
Hg [mg/Kg]	2,98	1,77	4,50	151%	0,40	33,12

A Tabela VII.2.3-10 apresenta a estatística descritiva para *Arctocephalus australis*. A maior concentração média de todos os elementos traço analisados foi obtida para Zn (200,87 mg kg⁻¹) e a menor Pb (0,03 mg kg⁻¹). A sequência das concentrações foi: [Zn] > [Cu] > [Cd] > [Hg] > [Mn] > [Mo] > [As] > [V] > [Ni] > [Cr] > [Ba] > [Pb]. A maior variação dos dados foi obtida para o Ni, com máximos e mínimos de 3,80 a 0,05 mg kg⁻¹, respectivamente. A menor variação para Ba, cujos valores não excederam 0,05 mg kg⁻¹, e o Mn com mínimo de 5,99 e máximo de 36,05 mg kg⁻¹ respectivamente.

Tabela VII.2.3-10 – Estatística descritiva para *Arctocephalus australis* dos elementos traço ($n = 28$), considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	Mediana	Desvio padrão	Desvio padrão relativo	Mínimo	Máximo
As [mg/Kg]	1,32	1,02	1,06	80%	0,31	5,67
Cd [mg/Kg]	30,14	23,36	37,18	123%	0,01	178,97
Cr [mg/Kg]	0,07	0,05	0,04	57%	0,05	0,19
Cu [mg/Kg]	51,85	48,67	37,02	71%	7,88	184,17
Pb [mg/Kg]	0,03	0,02	0,03	96%	0,01	0,13
Mn [mg/Kg]	21,12	21,75	7,23	34%	5,99	36,05
Mo [mg/Kg]	1,94	1,82	0,71	36%	1,03	4,85
Zn [mg/Kg]	200,87	183,42	70,68	35%	94,09	349,16
Ni [mg/Kg]	0,20	0,05	0,71	354%	0,05	3,80
Ba [mg/Kg]	0,05	0,05	0,00	0%	0,05	0,05
V [mg/Kg]	0,74	0,54	0,55	75%	0,21	2,54
Hg [mg/Kg]	23,42	20,96	17,20	73%	0,55	62,68

VII.2.4 Análise estatística (histogramas)

Aves Marinhas

Spheniscus magellanicus

Os histogramas da espécie *Spheniscus magellanicus* para As, Cd, Cr, Cu Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg ($n = 775$) são apresentados nas Figuras (Figura VII.2.4-1 a Figura VII.2.4-12), respectivamente. Os histogramas, assimétricos e geralmente alinhados à esquerda evidenciam que a distribuição dos dados é anormal. Apresentam distribuições semelhantes, com menores assimetrias à esquerda o As,

Cu, Mn, Mo e Zn. A distribuição dos dados dos outros elementos traço são claramente distorcidas (à esquerda).

As concentrações mais frequentes para As foram de 3,10 a 5,84 mg Kg⁻¹ (262 indivíduos), 0,70 a 28,6 mg kg⁻¹ para Cd (439 indivíduos), < 0,10 mg kg⁻¹ para Cr (559 indivíduos), 17,4 a 29,0 mg kg⁻¹ para Cu (306 indivíduos), < 0,01mg Kg⁻¹ para Pb (439 indivíduos), 5,80 a 8,40 mg kg⁻¹ para Mn (413 indivíduos), 3,5 a 4,21 mg kg⁻¹ para Mo (140 indivíduos), 226 a 306 mg kg⁻¹ para Zn (258 indivíduos), < 0,10 mg kg⁻¹ para Ni (675 indivíduos), < 0,10 mg kg⁻¹ para Ba (702 indivíduos), 0,02 a 1,07mg kg⁻¹ para V (658 indivíduos) e de 6,04 a 8,91 mg kg⁻¹ para Hg (236 indivíduo). Nestas distribuições podem ser considerados *outliers*, 2 indivíduos com concentração de As entre 25,8 a 27,8 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Cd entre 248 a 276 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Cr entre 1,57 a 1,76 mg kg⁻¹; 7 indivíduos com concentração de Cu entre 110 a 323 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Pb entre 0,13 a 0,16 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Mn entre 26,7 a 29,3 mg kg⁻¹ e 1 indivíduo com concentração de Hg entre 26,2 a 29,1 mg kg⁻¹. Os possíveis *outliers* identificados foram de indivíduos coletados no trecho 3 (As, Cu e Pb para o mesmo indivíduo, fêmea e estágio de desenvolvimento não informado), trecho 1 (Cd e Cr), Trecho 4 (Mn) e trecho 7 (Hg).

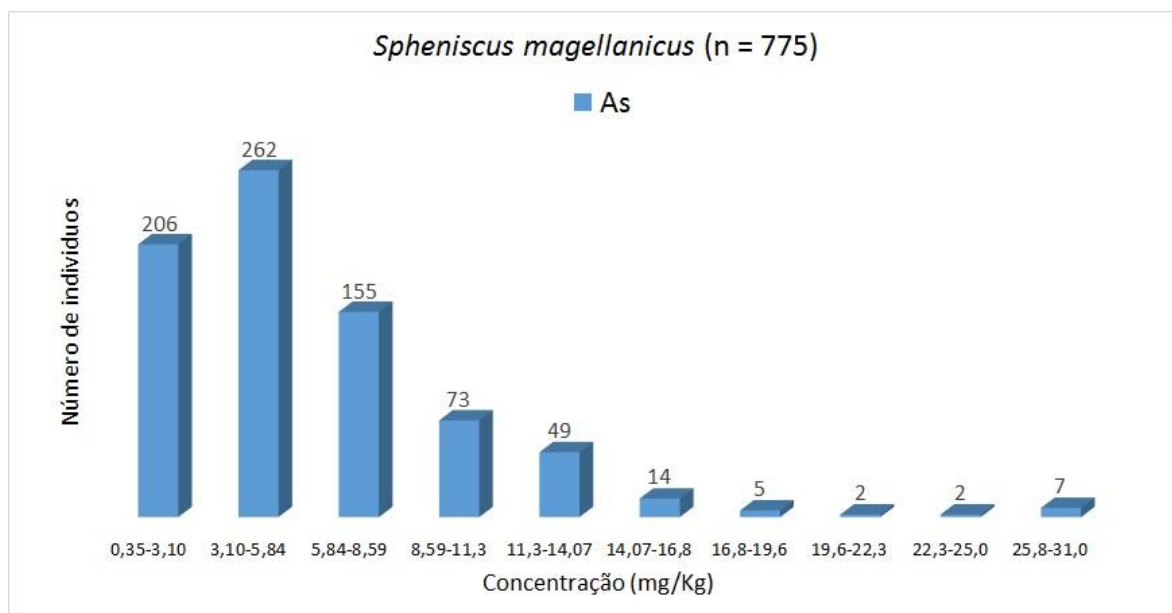


Figura VII.2.4-1 – Histograma de As (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 775), considerando o valor do LD.

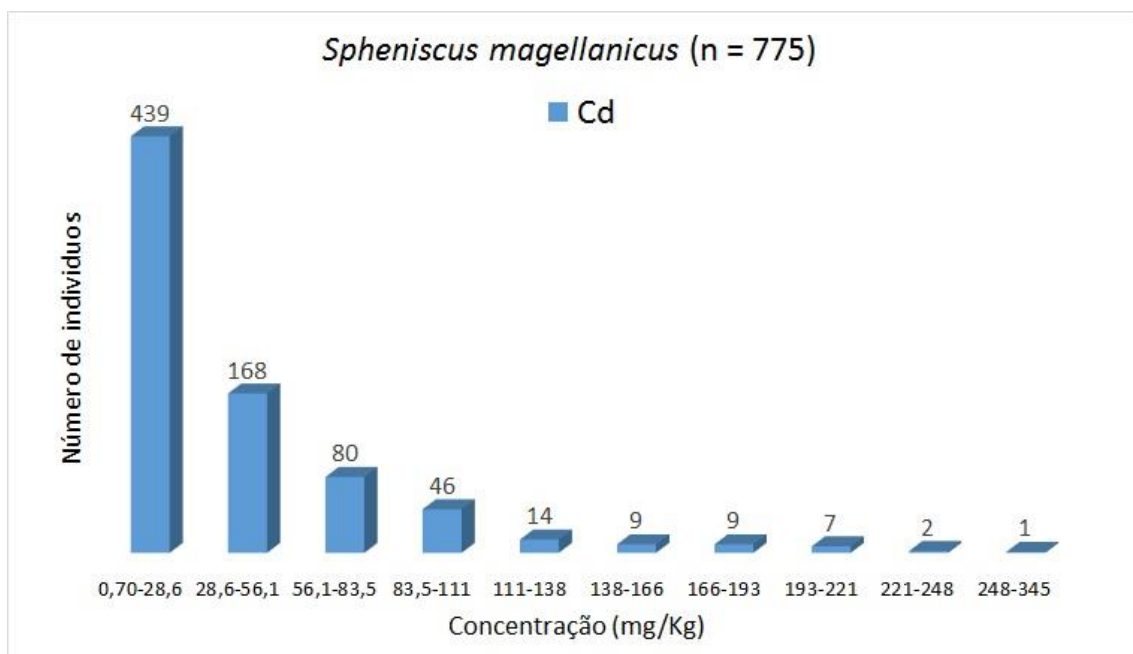


Figura VII.2.4-2 – Histograma de Cd (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 775), considerando o valor do LD.

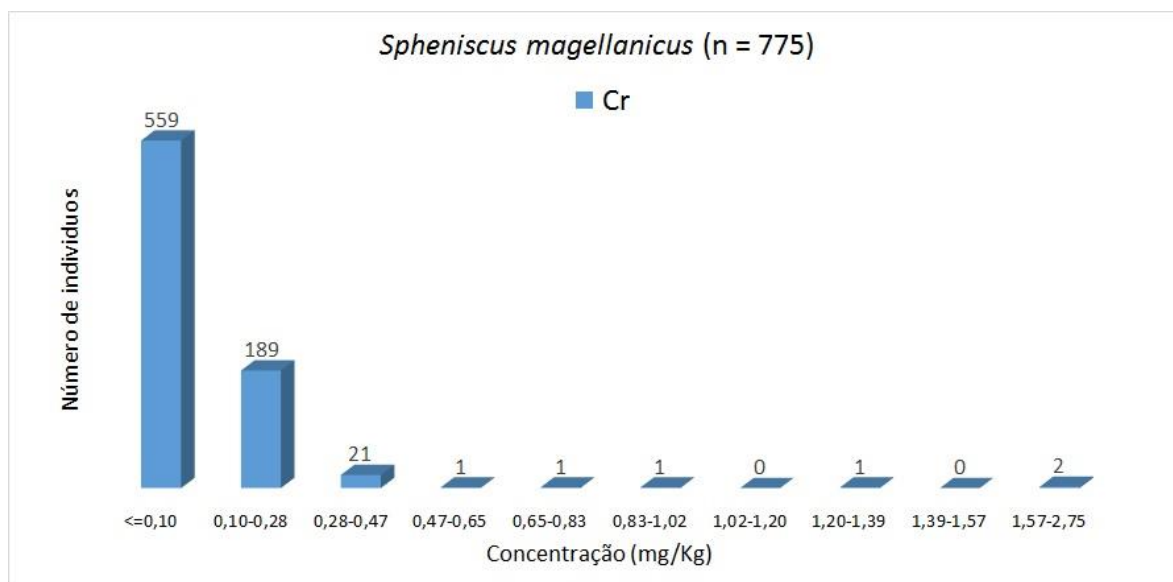


Figura VII.2.4-3 – Histograma de Cr (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 775), considerando o valor do LD.

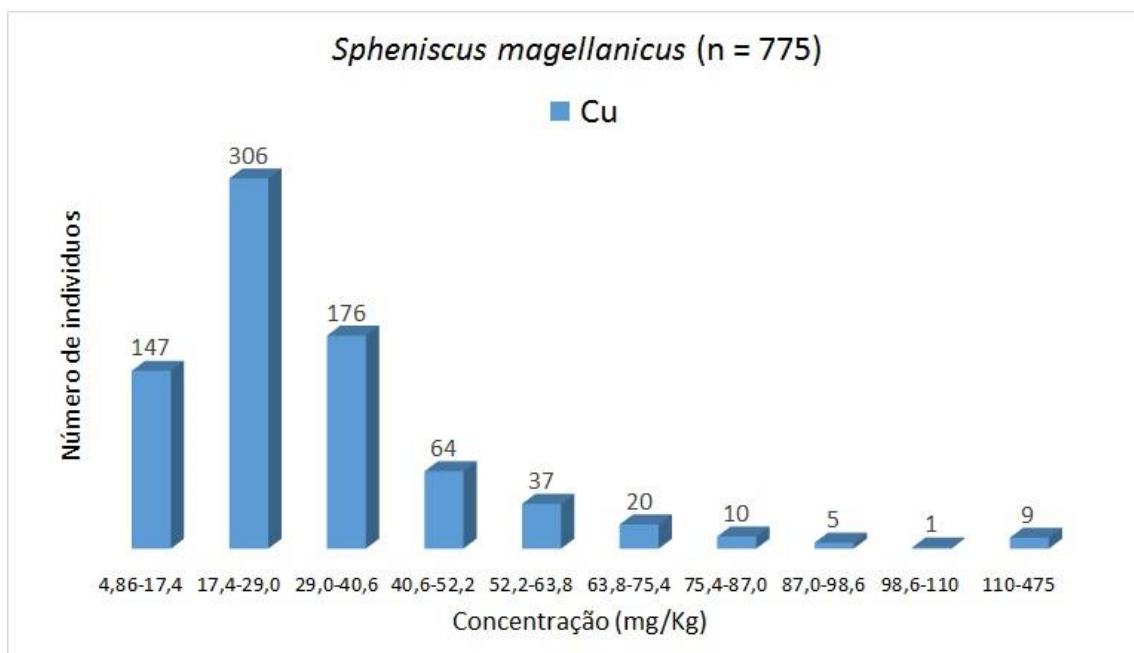


Figura VII.2.4-4 – Histograma de Cu (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 775), considerando o valor do LD.

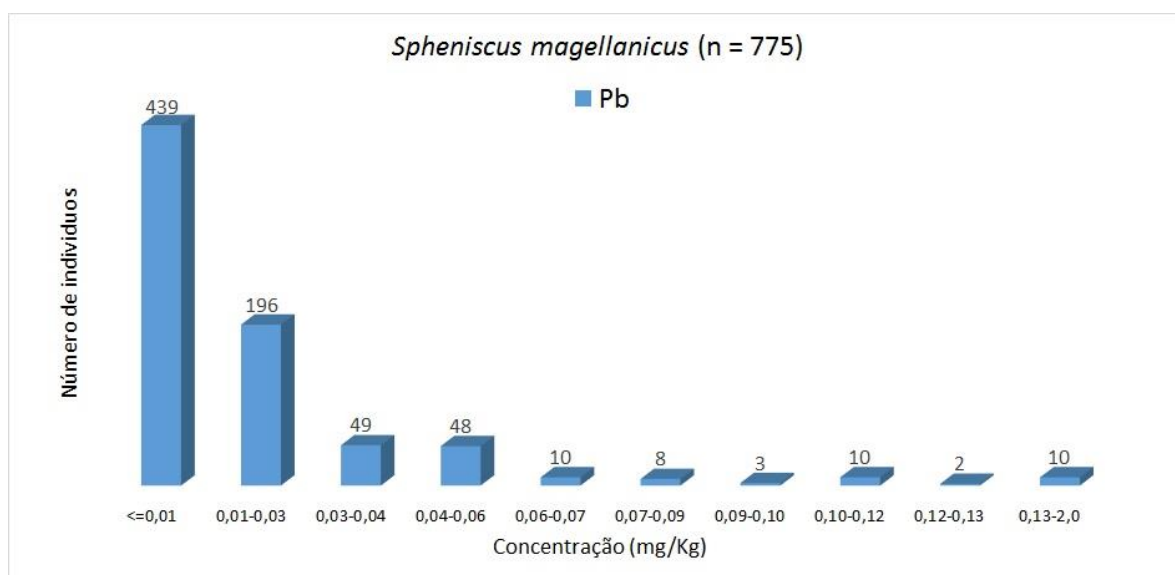


Figura VII.2.4-5 – Histograma de Pb (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 775), considerando o valor do LD.

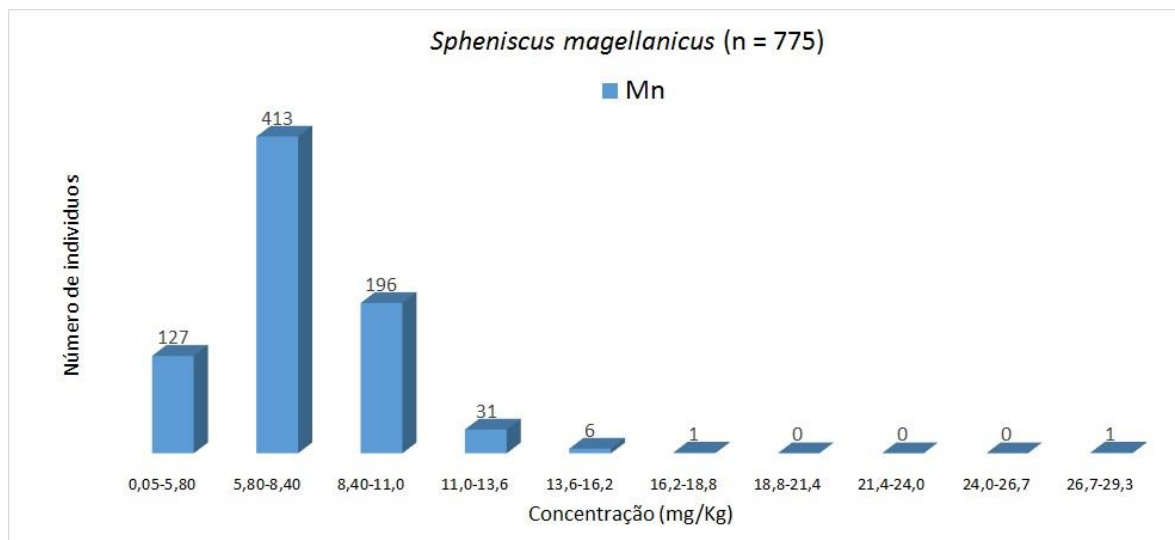


Figura VII.2.4-6 – Histograma de Mn (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 775), considerando o valor do LD.

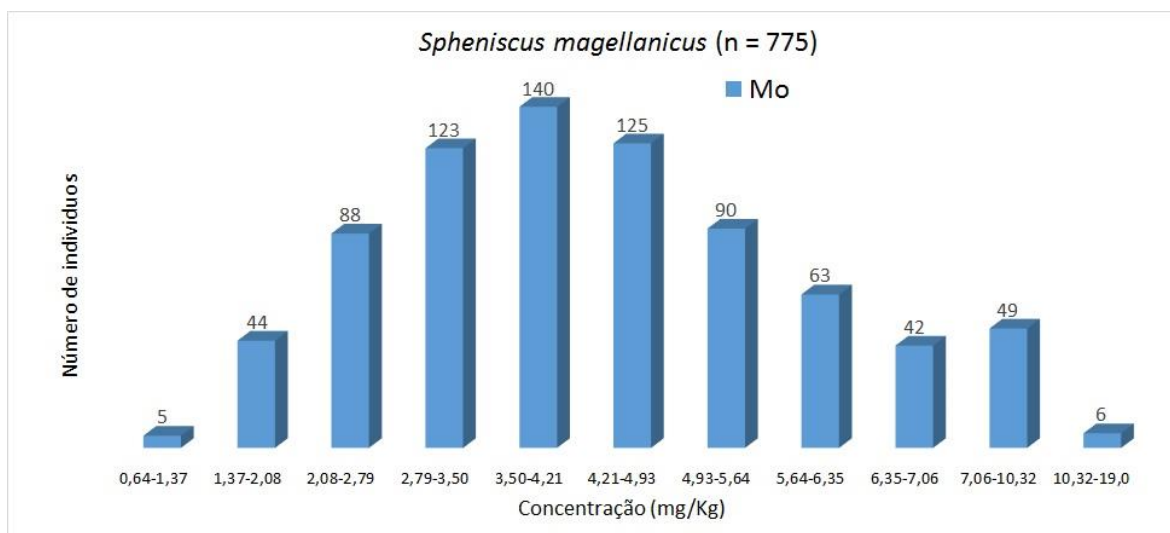


Figura VII.2.4-7 – Histograma de Mo (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 775), considerando o valor do LD.

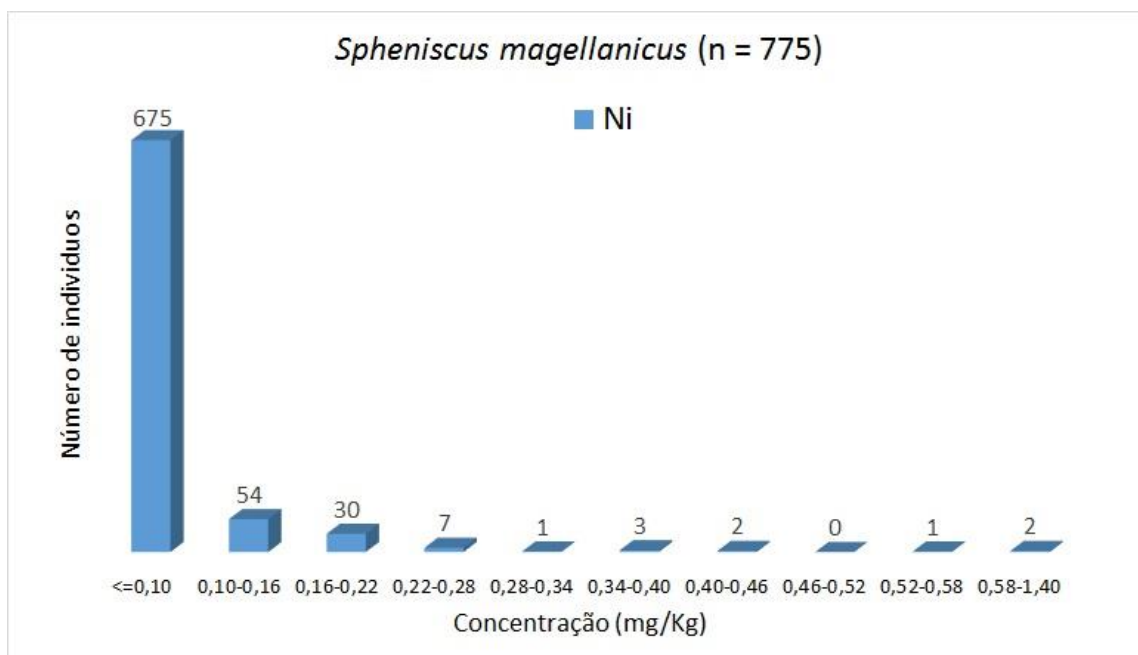


Figura VII.2.4-8 – Histograma de Ni (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 775), considerando o valor do LD.

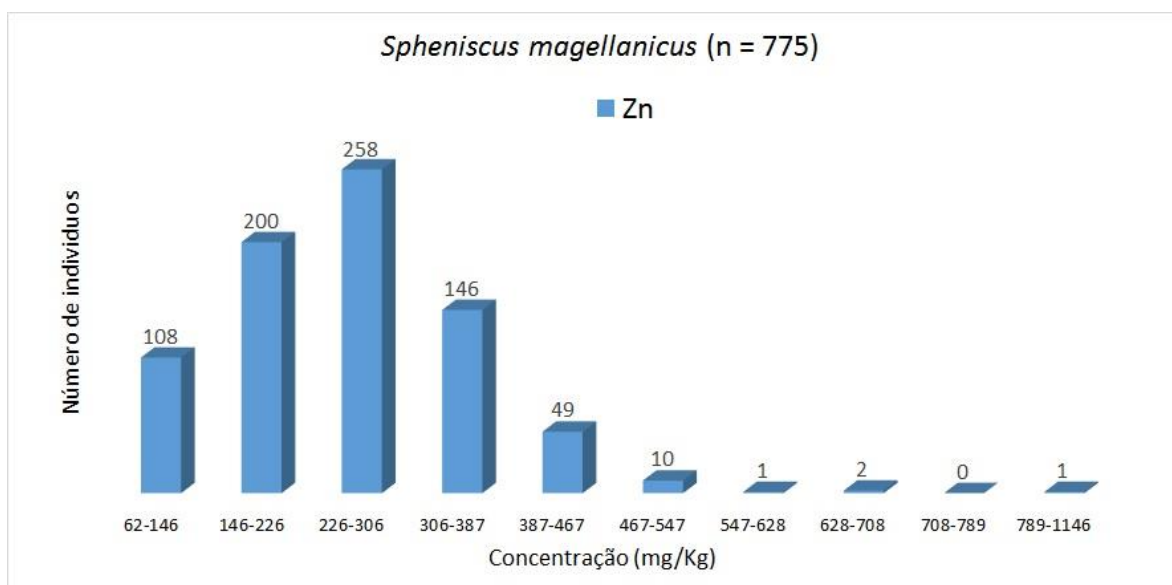


Figura VII.2.4-9 – Histograma de Zn (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 775), considerando o valor do LD.

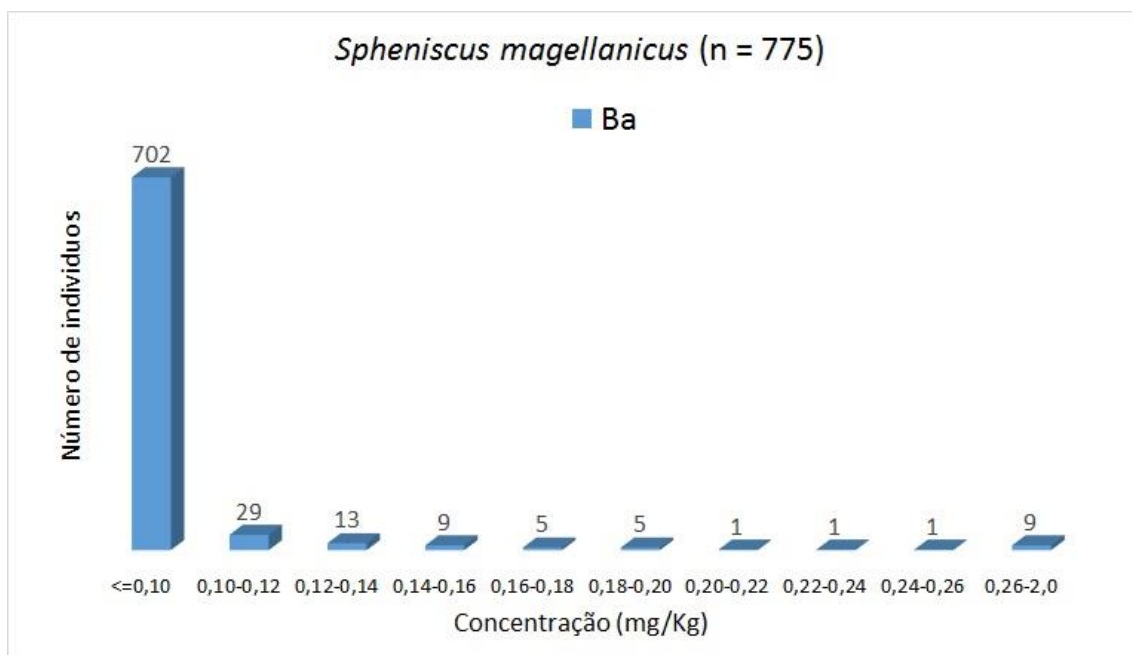


Figura VII.2.4-10 – Histograma de Ba (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 775), considerando o valor do LD.

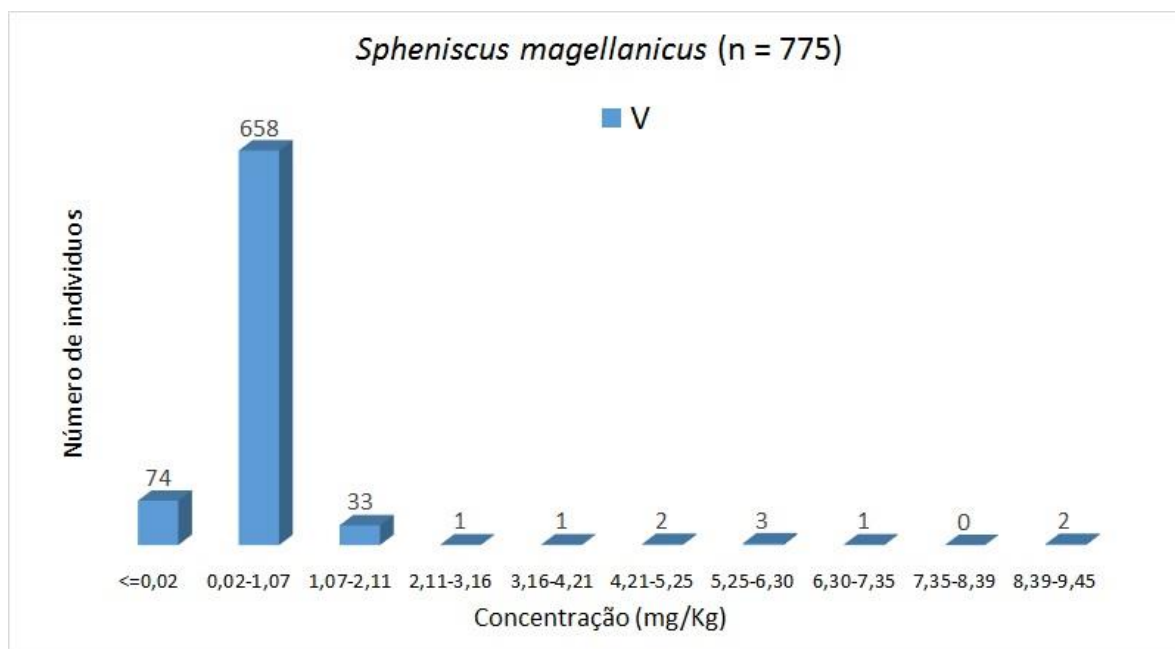


Figura VII.2.4-11 – Histograma de V (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 775), considerando o valor do LD.

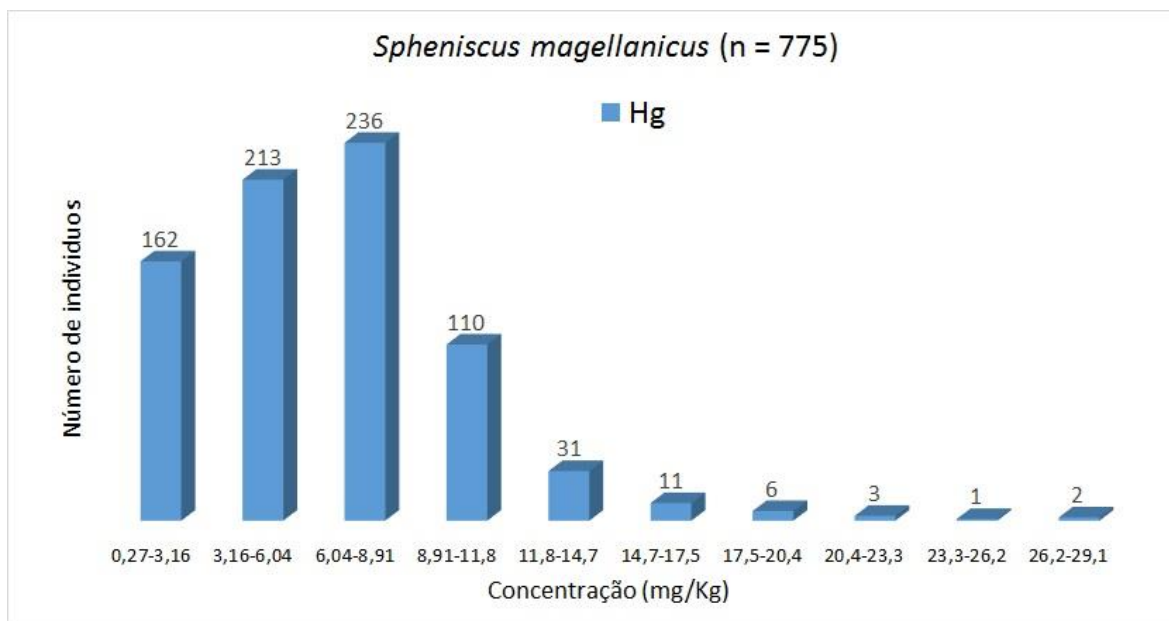


Figura VII.2.4-12 – Histograma de Hg (*Spheniscus magellanicus*) para elementos traço (n = 775), considerando o valor do LD.

Larus dominicanus

Da Figura VII.2.4-13 à Figura VII.2.4-24 se mostram os histogramas da espécie *Larus dominicanus* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg respectivamente (n = 183). Também para esta ave, todos os histogramas mostram-se assimétricos, alguns totalmente alinhados à esquerda, outros aparentemente multimodais e, conseqüentemente, sugerem que os dados não estão distribuídos normalmente.

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,10 a 1,32 mg kg⁻¹ (58 indivíduos), 0,02 a 0,17 mg kg⁻¹ e de 0,17 a 0,29 mg kg⁻¹ para Cd (52 e 49 indivíduos respectivamente), <0,1 mg kg⁻¹ para Cr (137 indivíduos), 10,9 a 13,1 mg kg⁻¹ e de 13,1 a 15,3 mg kg⁻¹ para Cu (50 e 51 indivíduos respectivamente), 0,01 a 2,09 mg Kg⁻¹ para Pb (145 indivíduos), 10,2 a 11,8 mg kg⁻¹ para Mn (56 indivíduos), 1,56 a 1,77 mg kg⁻¹ e 1,98 a 2,20 mg kg⁻¹ para Mo (38 e 37 indivíduos respectivamente), 35 a 99 mg kg⁻¹ para Zn (89 indivíduos), <0,10 mg kg⁻¹ para Ni (172 indivíduos), <0,10 mg kg⁻¹ para Ba (172 indivíduos), 0,02 a 0,53 mg kg⁻¹ para V (143 indivíduos) e 0,97 a 1,56 mg kg⁻¹ e 5,66 a 16,4 mg kg⁻¹ para Hg (26 indivíduos em

ambos). *Outliers* podem ser sugeridos para As (11,7 a 14,1 mg kg⁻¹), Cu (28,6 a 45,6 mg kg⁻¹), Pb (16,6 a 18,8 mg kg⁻¹), Zn (608 a 672 mg kg⁻¹), Ni (0,75 a 0,84 mg kg⁻¹), Ba (0,19 a 0,33 mg kg⁻¹) e V (4,11 a 4,63 mg kg⁻¹). Os indivíduos ocorreram no trecho 3 (Pb e V), trecho 5 (As e Ba), trecho 7 (Cu), trecho 8 (Ni) e trecho 13 (Zn).

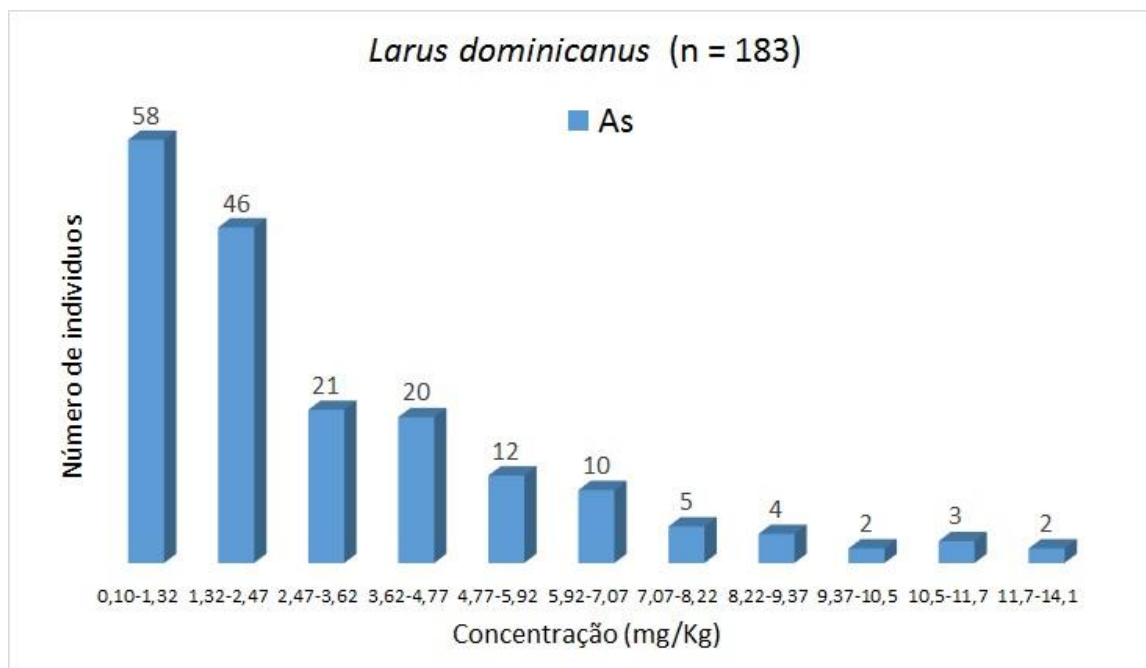


Figura VII.2.4-13 – Histograma de As (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 183), considerando o valor do LD.

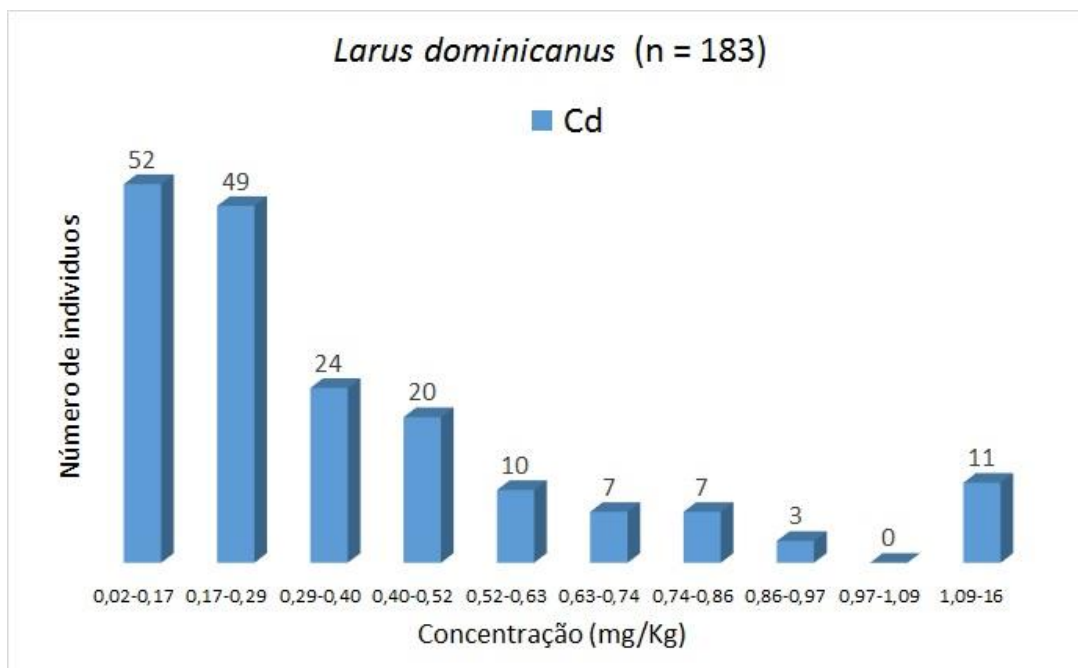


Figura VII.2.4-14 – Histograma de Cd (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 183), considerando o valor do LD.

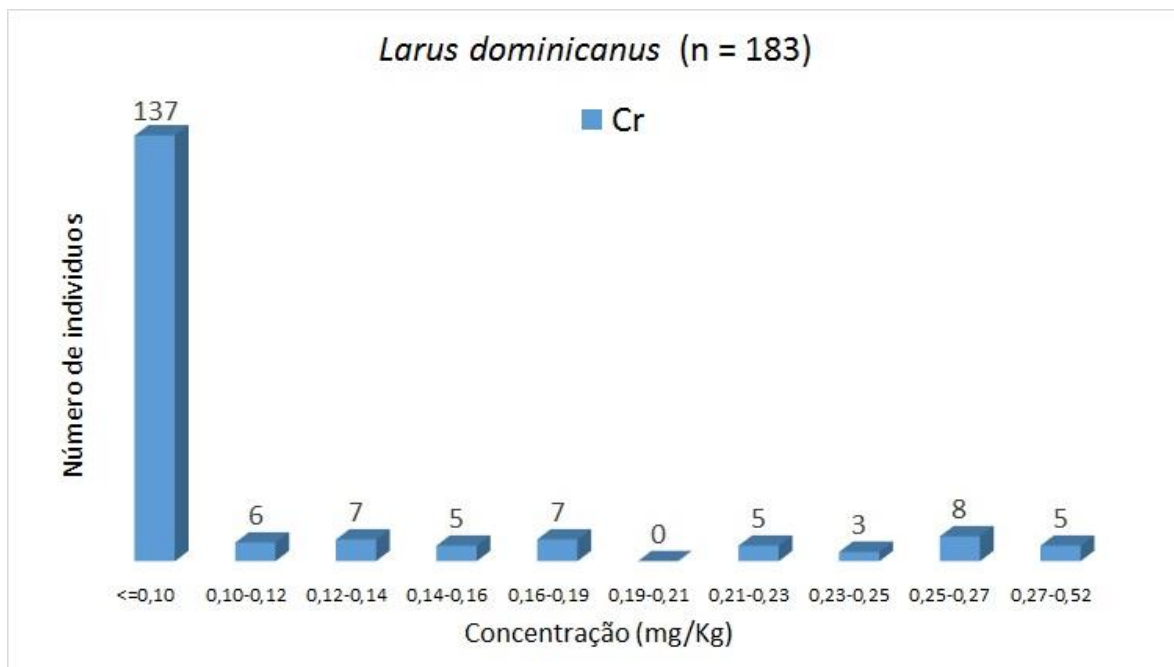


Figura VII.2.4-15 – Histograma de Cr (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 183), considerando o valor do LD.

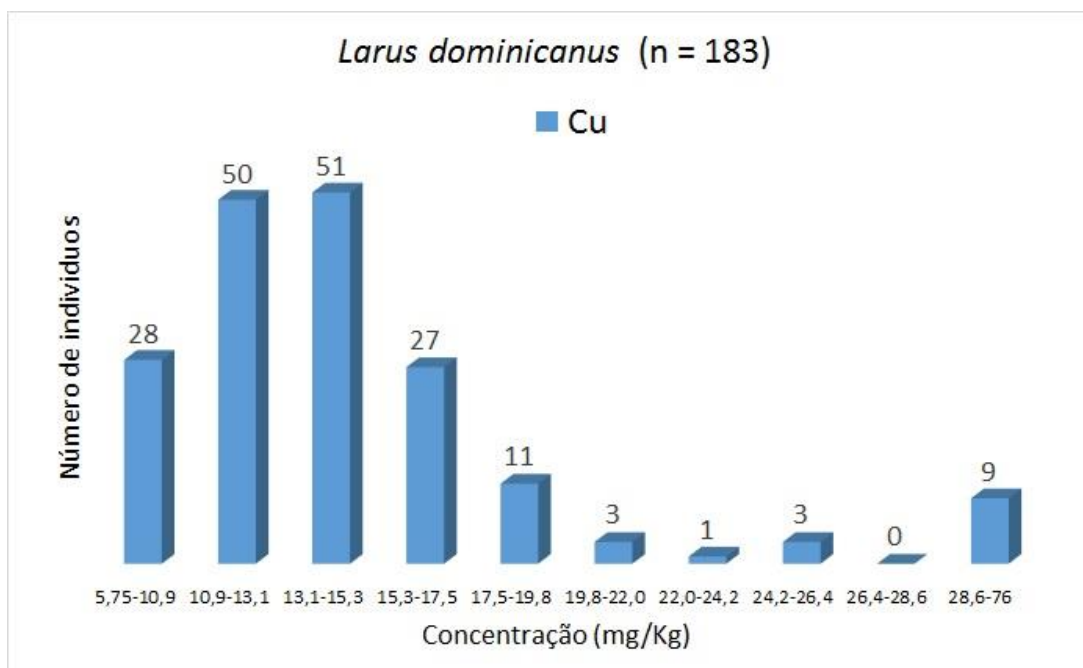


Figura VII.2.4-16 – Histograma de Cu (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 183), considerando o valor do LD.

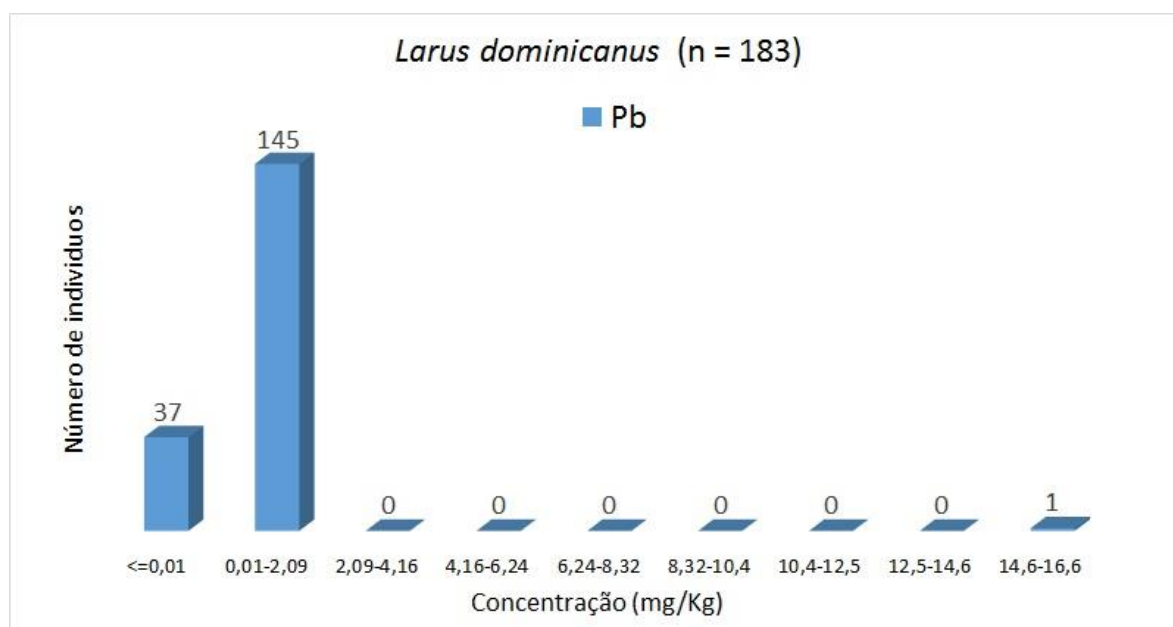


Figura VII.2.4-17 – Histograma de Pb (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 183), considerando o valor do LD.

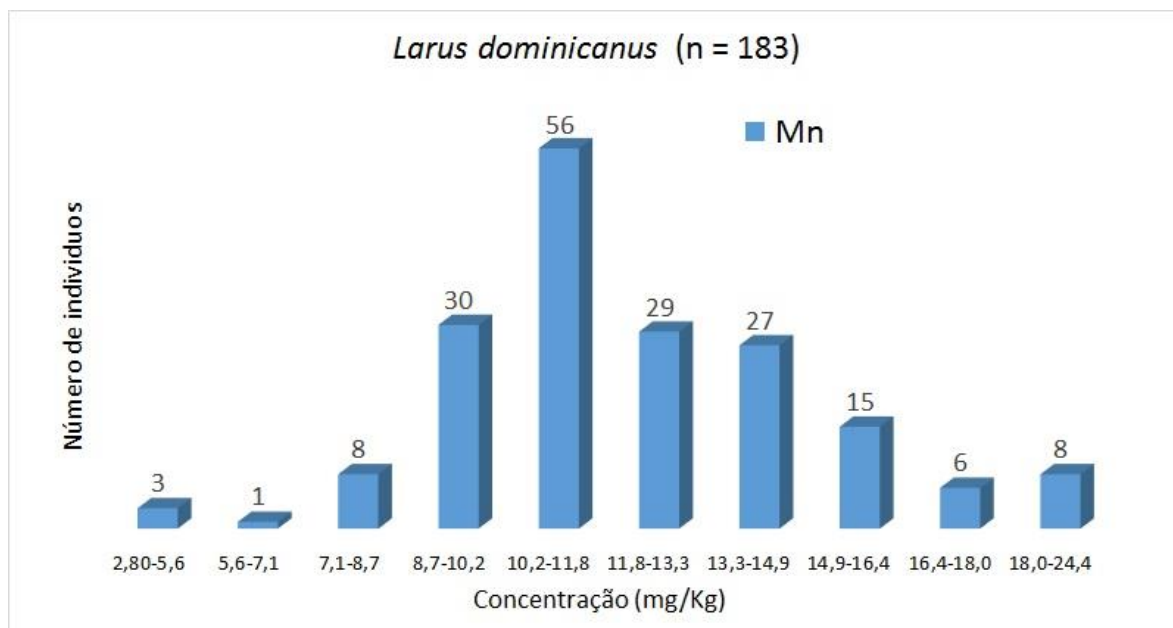


Figura VII.2.4-18 – Histograma de Mn (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 183), considerando o valor do LD.

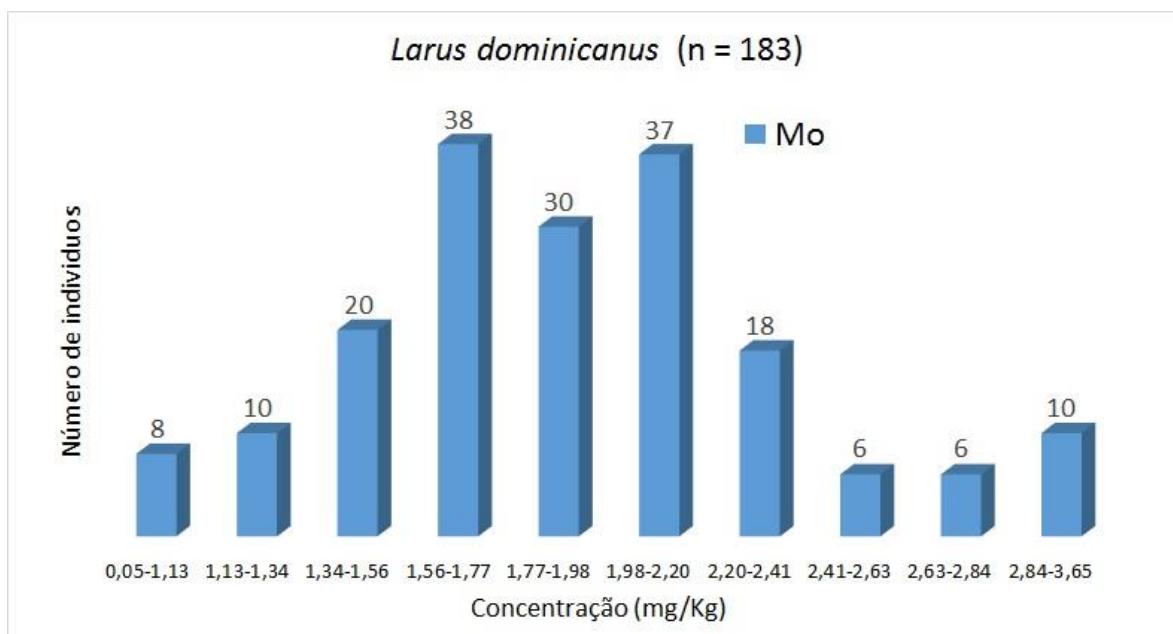


Figura VII.2.4-19 – Histograma de Mo (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 183), considerando o valor do LD.

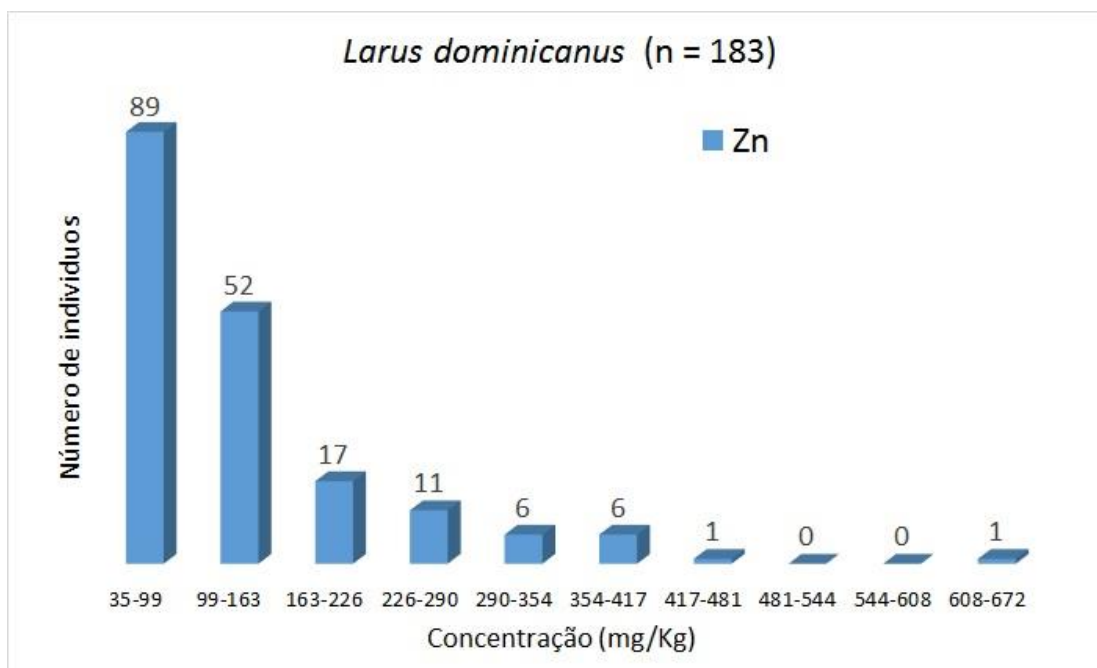


Figura VII.2.4-20 – Histograma de Zn (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 183), considerando o valor do LD.

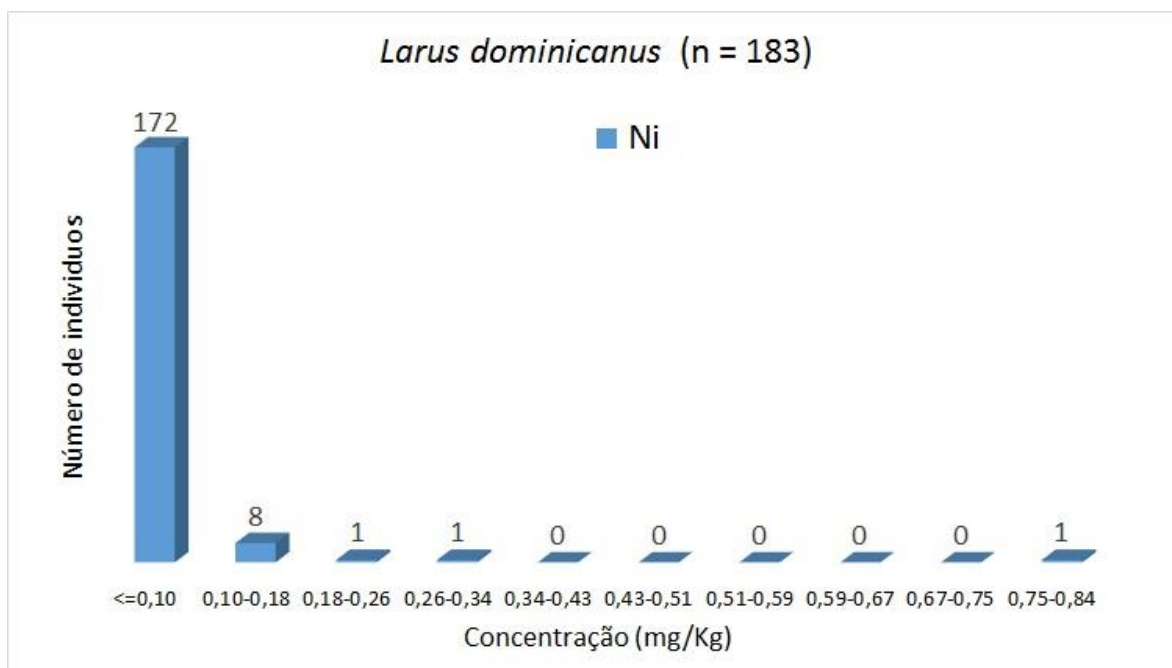


Figura VII.2.4-21 – Histograma de Ni (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 183), considerando o valor do LD.

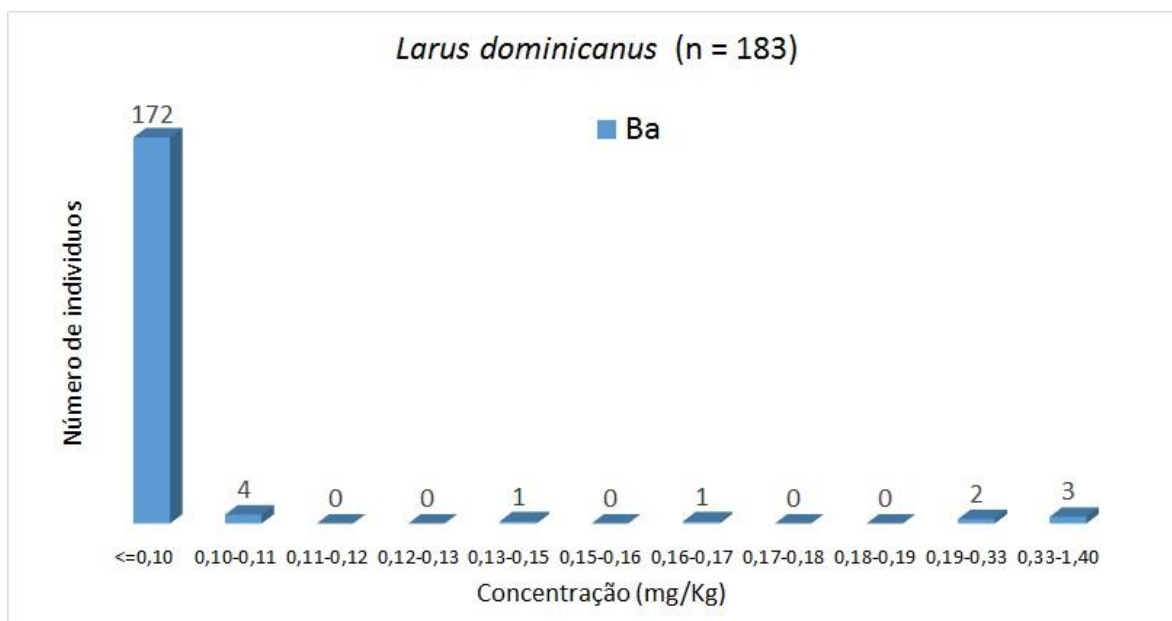


Figura VII.2.4-22 – Histograma de Ba (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 183), considerando o valor do LD.

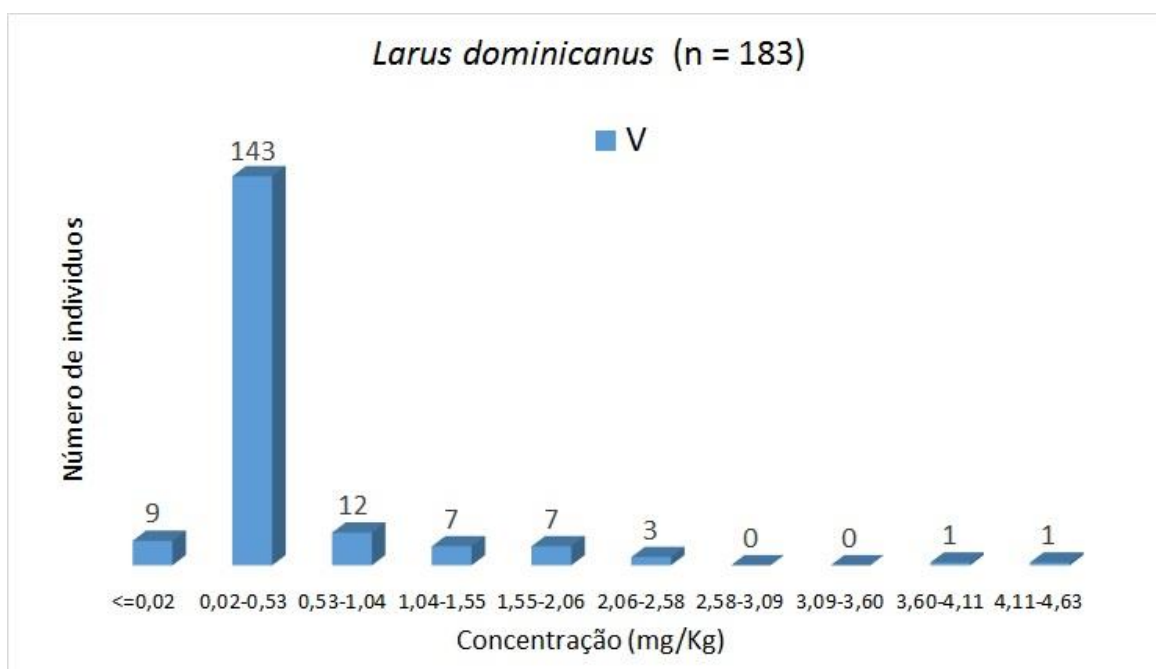


Figura VII.2.4-23 – Histograma de V (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 183), considerando o valor do LD.

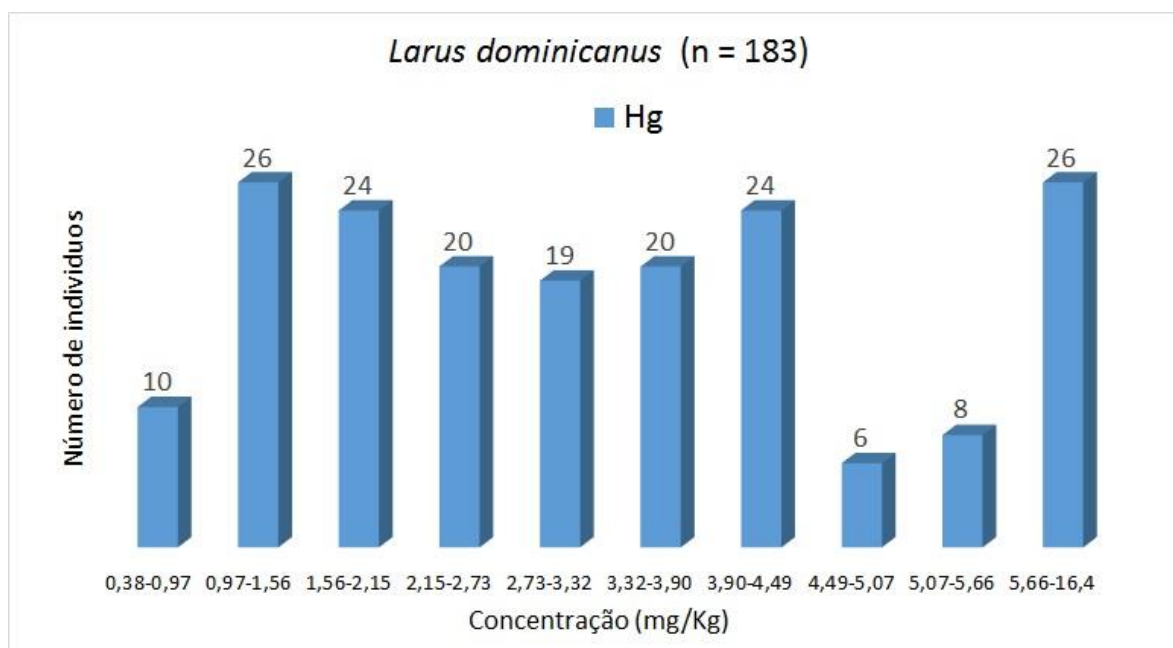


Figura VII.2.4-24 – Histograma de Hg (*Larus dominicanus*) para elementos traço (n = 183), considerando o valor do LD.

Sula leucogaster

Entre a Figura VII.2.4-25 e a Figura VII.2.4-37 se apresentam os histogramas da espécie *Sula leucogaster* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 91), respectivamente. Mais uma vez, os histogramas mostram-se assimétricos, alguns totalmente alinhados à esquerda, outros aparentemente multimodais sugerindo que os dados não estão distribuídos normalmente.

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,25 a 1,22 mg kg⁻¹ (49 indivíduos), 0,02 a 0,63 mg kg⁻¹ para Cd (53 indivíduos), < 0,10 mg kg⁻¹ para Cr (85 indivíduos), 10,9 a 15,8 mg kg⁻¹ para Cu (60 indivíduos), <0,01 mg kg⁻¹ para Pb (67 indivíduos), de 12,9 a 15,8 mg kg⁻¹ e 15,8 a 18,6 mg kg⁻¹ para Mn (28 e 30 indivíduos respectivamente), 1,36 a 1,79 mg kg⁻¹ para Mo (44 indivíduos), 89,1 a 118,3 mg kg⁻¹ para Zn (37 indivíduos), 0,03 a 0,06 mg kg⁻¹ para Ni (121 indivíduos), 0,03 a 0,06 mg kg⁻¹ para Ba (120 indivíduos), 0,01 a 0,45 mg kg⁻¹ para V (71 indivíduos) e 2,80 a 4,84 mg Kg⁻¹ e 4,84 a 6,89 mg Kg⁻¹ para Hg (32 e 29 indivíduos, respectivamente). *Outliers* podem ser sugeridos para Cd (5,16 a 5,73 mg kg⁻¹), Cr (2,23 a 2,50 mg kg⁻¹), Pb (0,16 a 0,19 mg kg⁻¹), Mo (3,97 a 4,45 mg kg⁻¹), Zn (323 a 352 mg kg⁻¹), Ba (0,28 a 0,32 mg kg⁻¹) e Hg (355 a 395 mg kg⁻¹), respectivamente

para animais coletados no trecho 5 (Cd, Ba e Hg), trecho 12 (Zn), trecho 13 (Pb), trecho 14 (Cr) e no trecho 15 (Mo e Zn). Os possíveis *outliers* para Cd e Ba ocorreram no mesmo indivíduo (macho e estágio de desenvolvimento juvenil). Da mesma maneira, verificou-se a ocorrência para os sugestivos *outliers* de Mo e Zn no mesmo indivíduo (fêmea e estágio de desenvolvimento juvenil).

A Figura VII.2.4-37 mostra o histograma para Hg desconsiderando um indivíduo com concentrações acima de $18,5 \text{ mg kg}^{-1}$ (395 mg kg^{-1}), detalhando a distribuição da categoria de 0,75 a $21,3 \text{ mg kg}^{-1}$. Semelhante aos histogramas anteriormente para *Sula leucogaster*, o histograma da Figura VII.2.4-37 apresentou assimetria, alinhado à esquerda e, sugere que os dados não estão distribuídos normalmente.

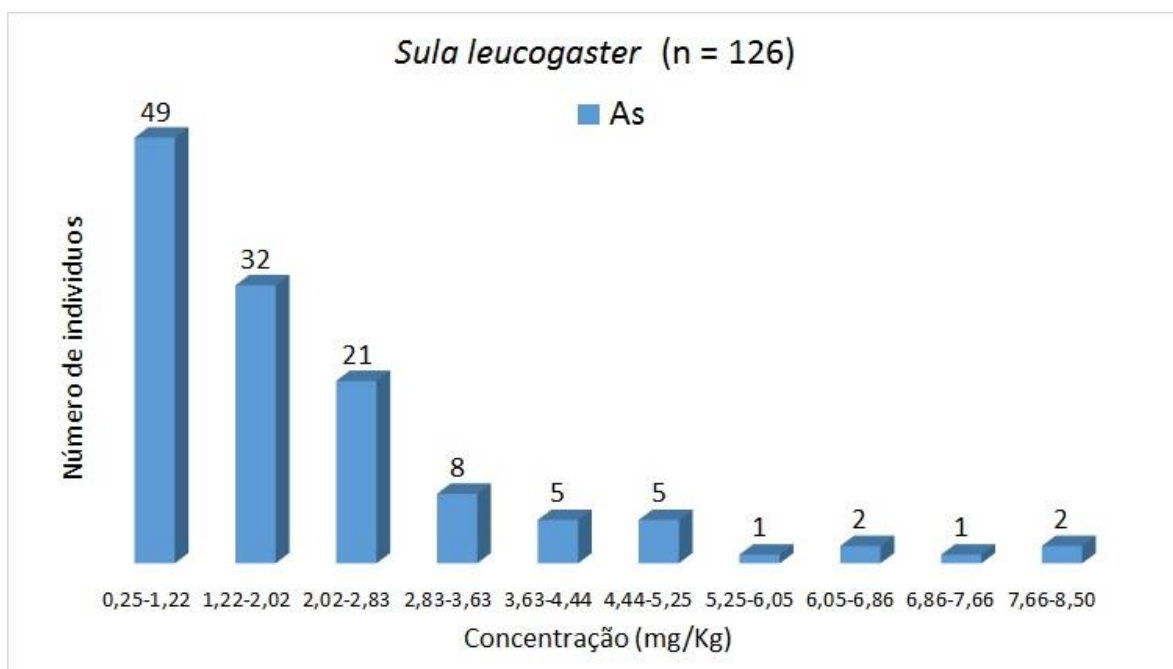


Figura VII.2.4-25 – Histograma de As (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

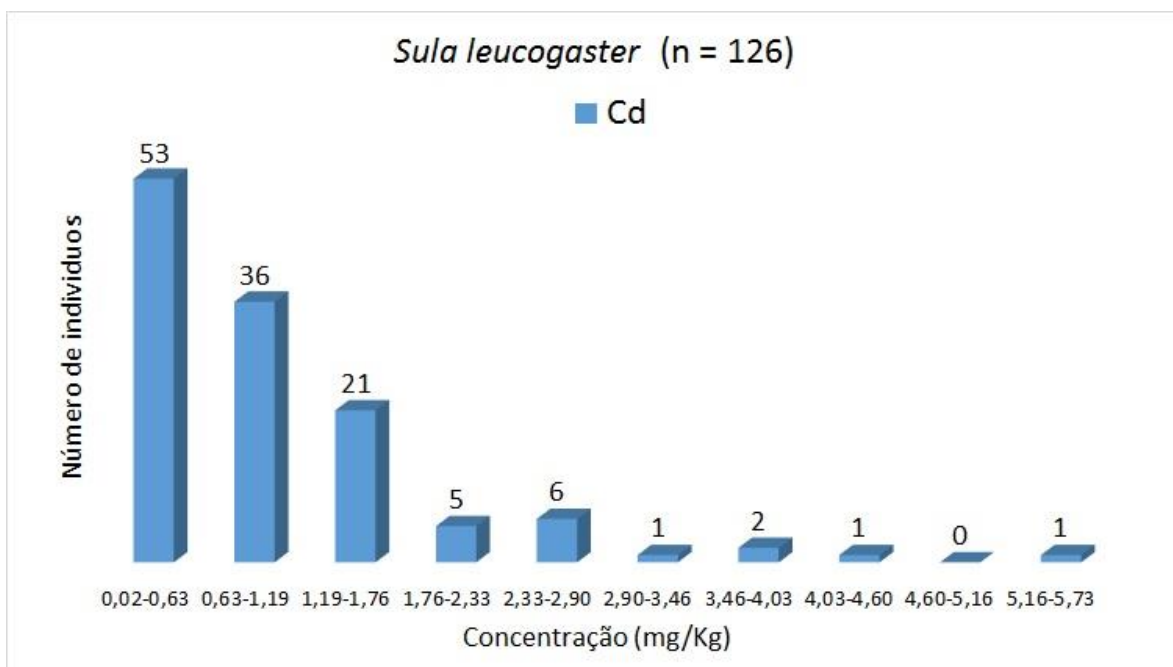


Figura VII.2.4-26 – Histograma de Cd (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

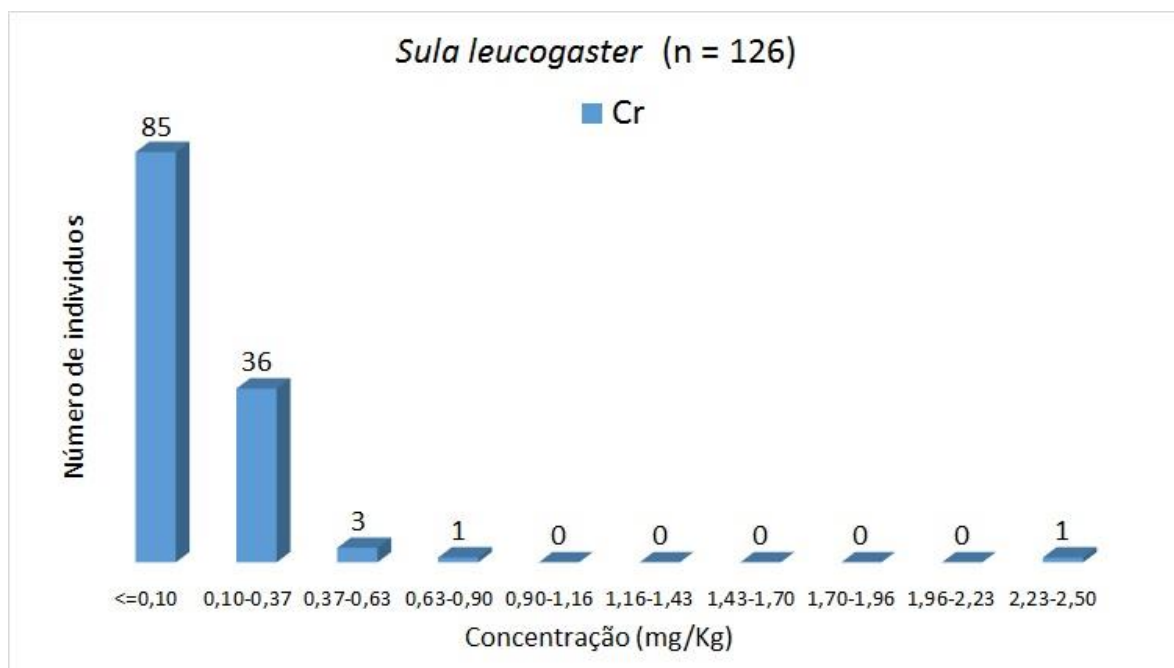


Figura VII.2.4-27 – Histograma de Cr (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

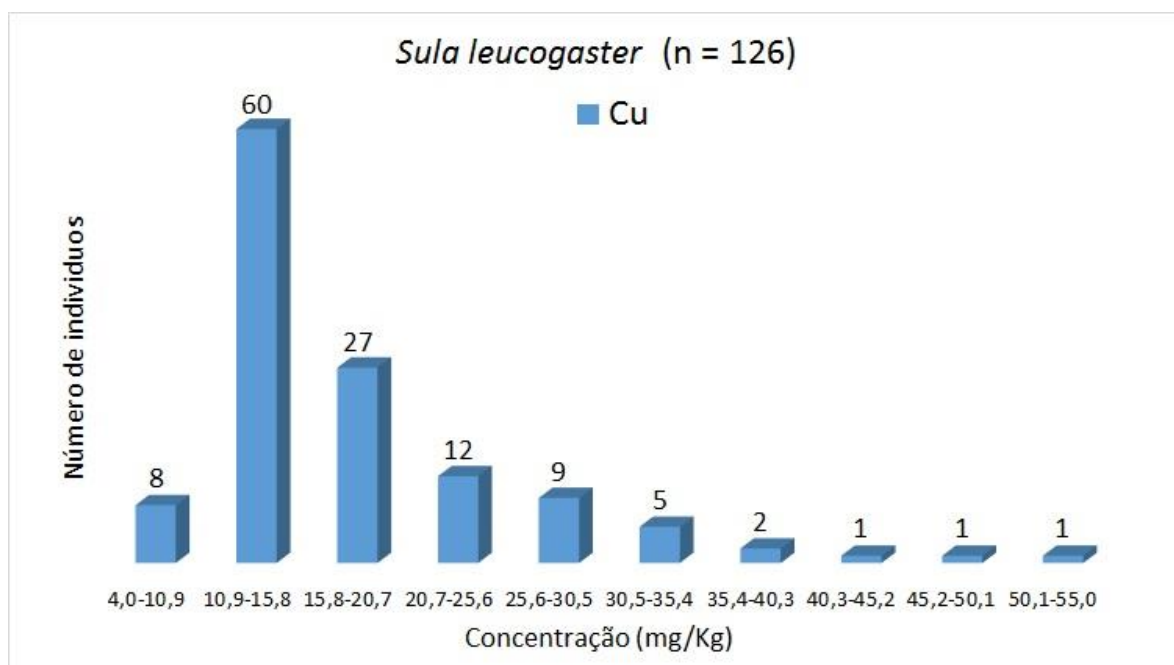


Figura VII.2.4-28 – Histograma de Cu (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

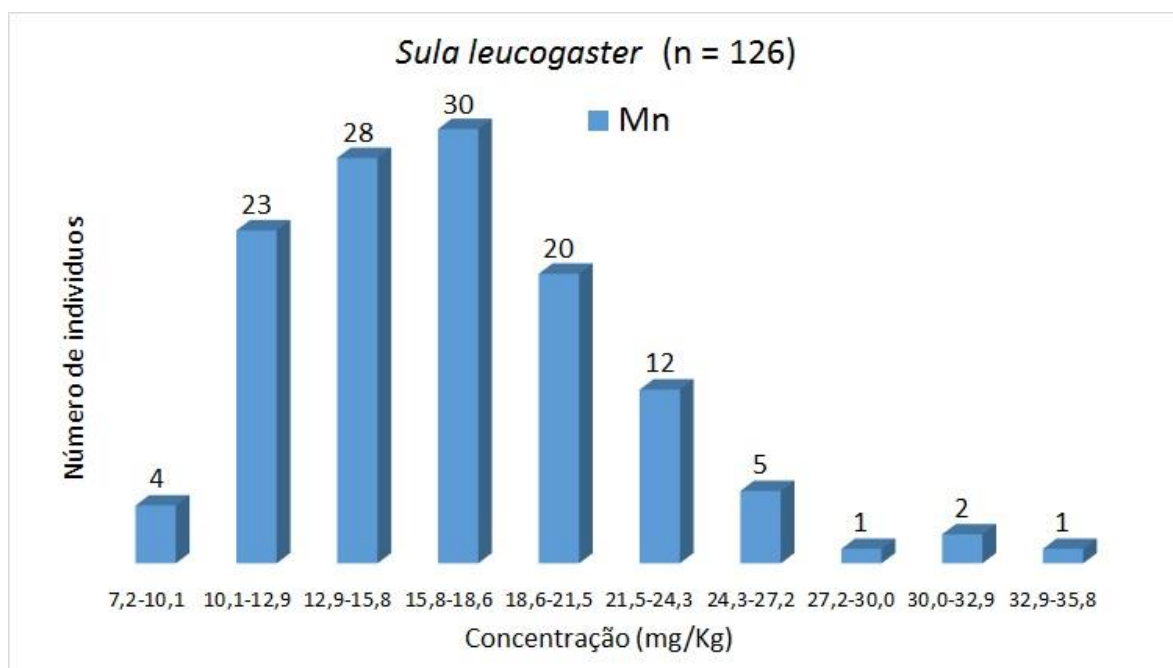


Figura VII.2.4-29 – Histograma de Mn (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

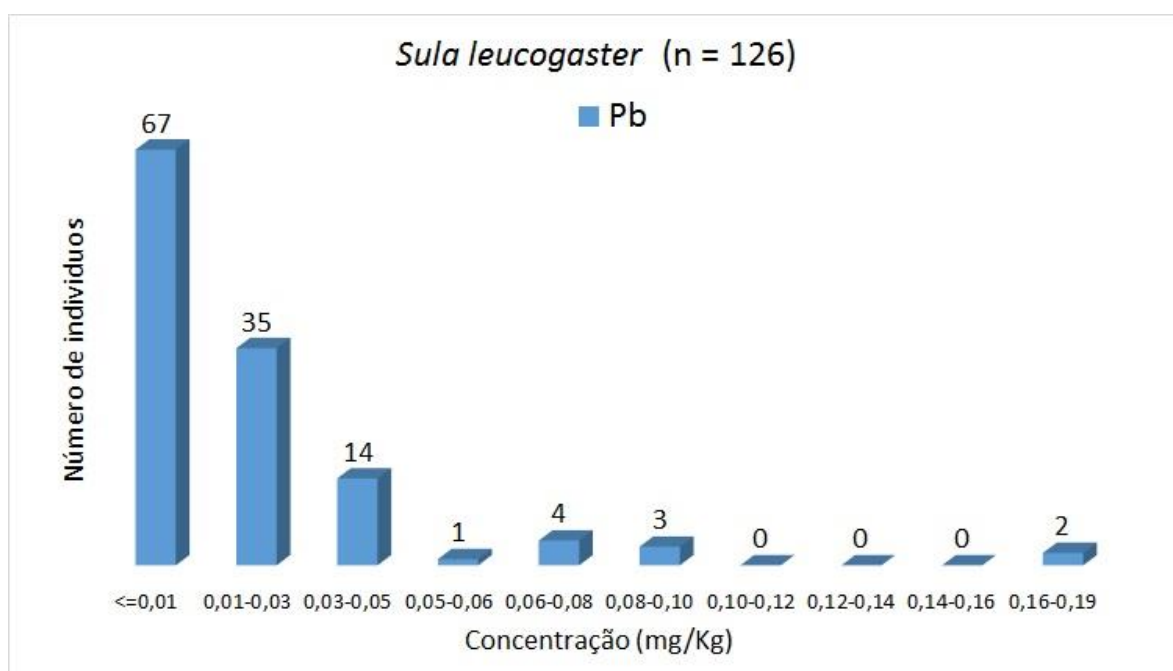


Figura VII.2.4-30 – Histograma de Pb (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

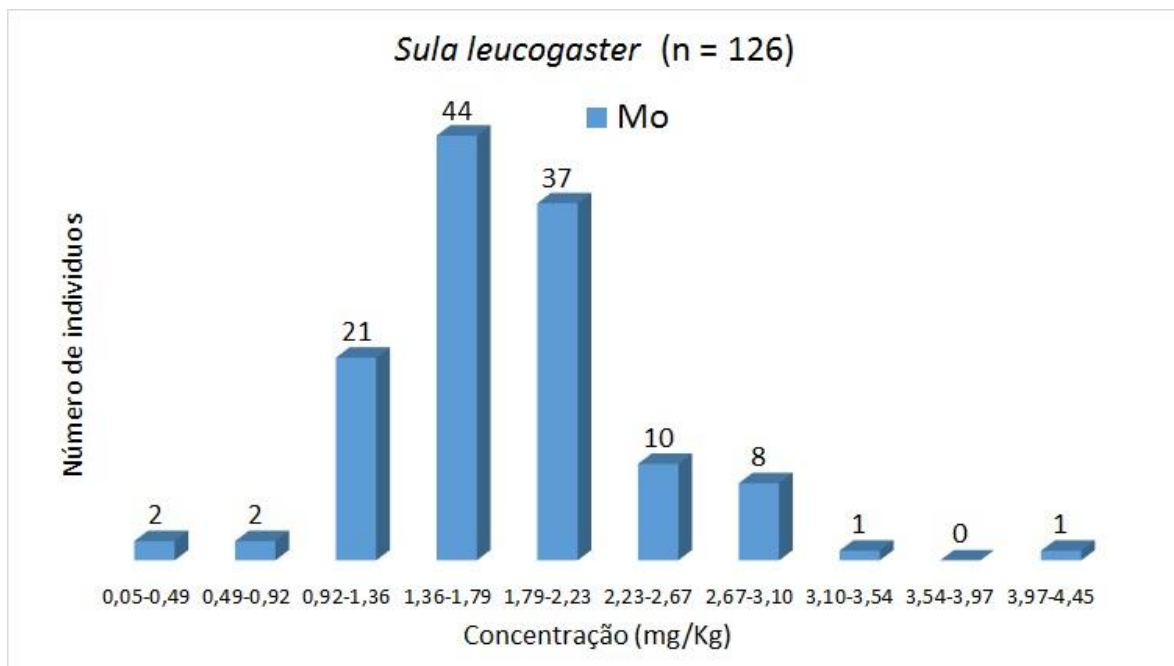


Figura VII.2.4-31 – Histograma de Mo (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

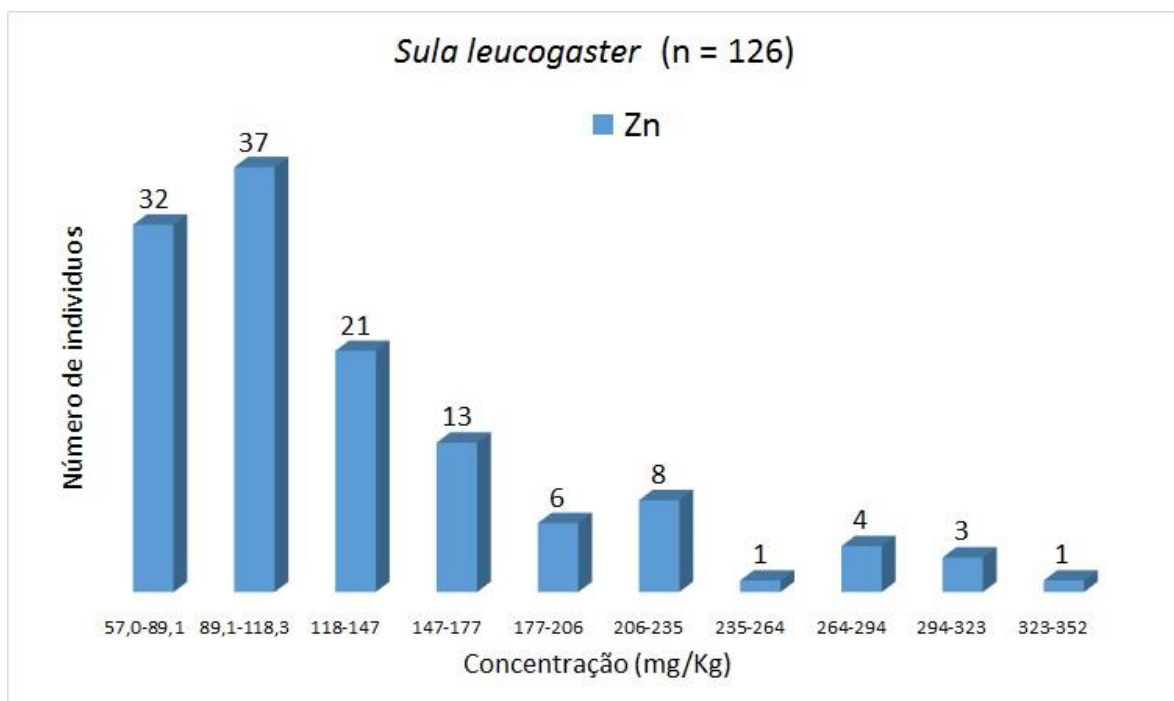


Figura VII.2.4-32 – Histograma de Zn (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

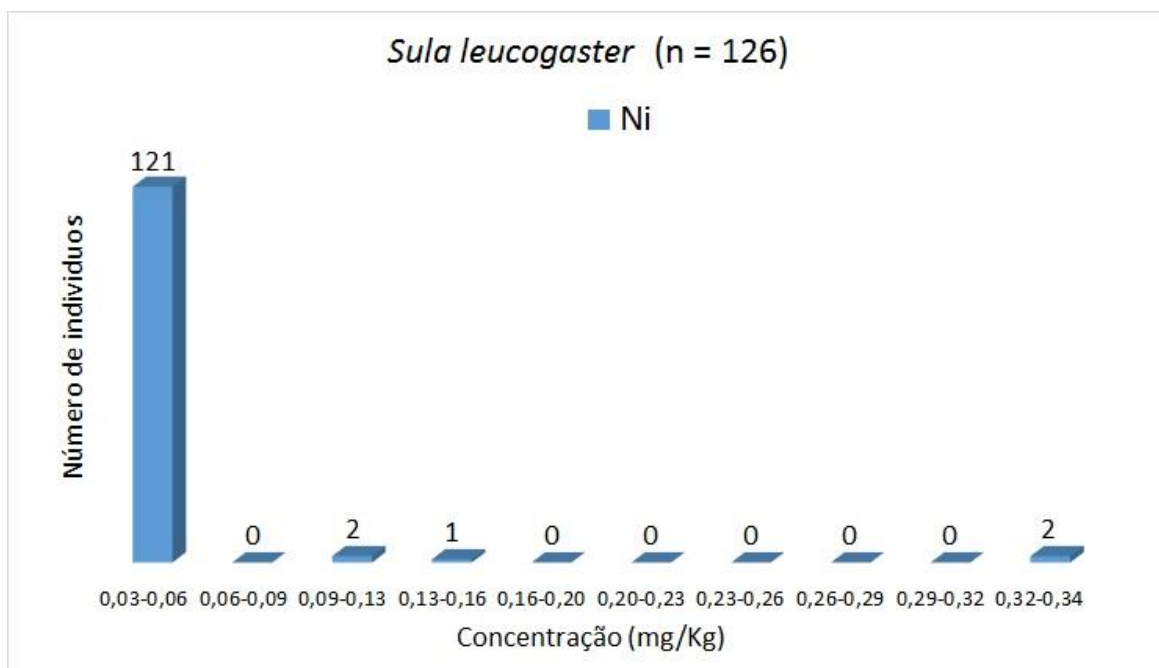


Figura VII.2.4-33 – Histograma de Ni (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

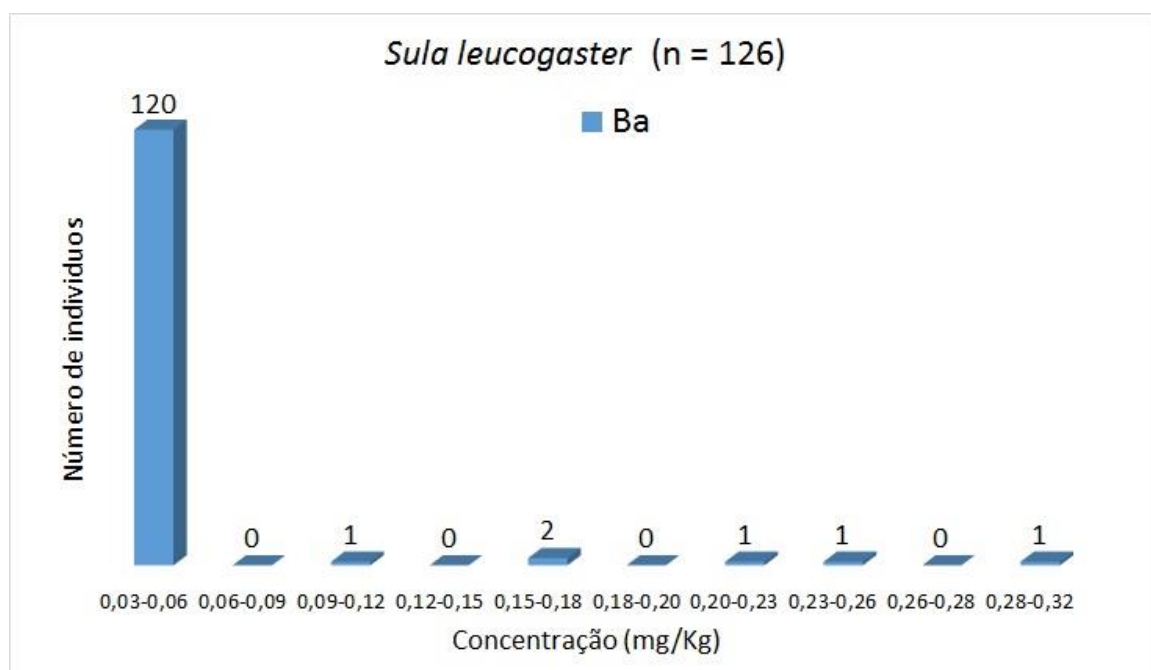


Figura VII.2.4-34 – Histograma de Ba (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

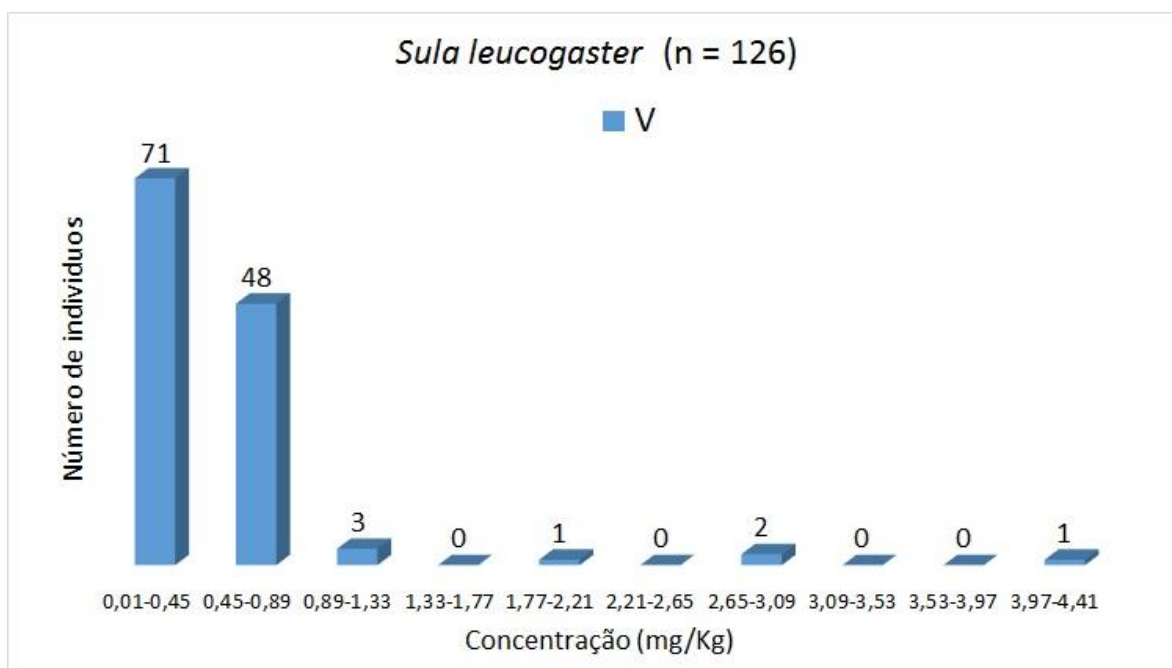


Figura VII.2.4-35 – Histograma de V (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD.

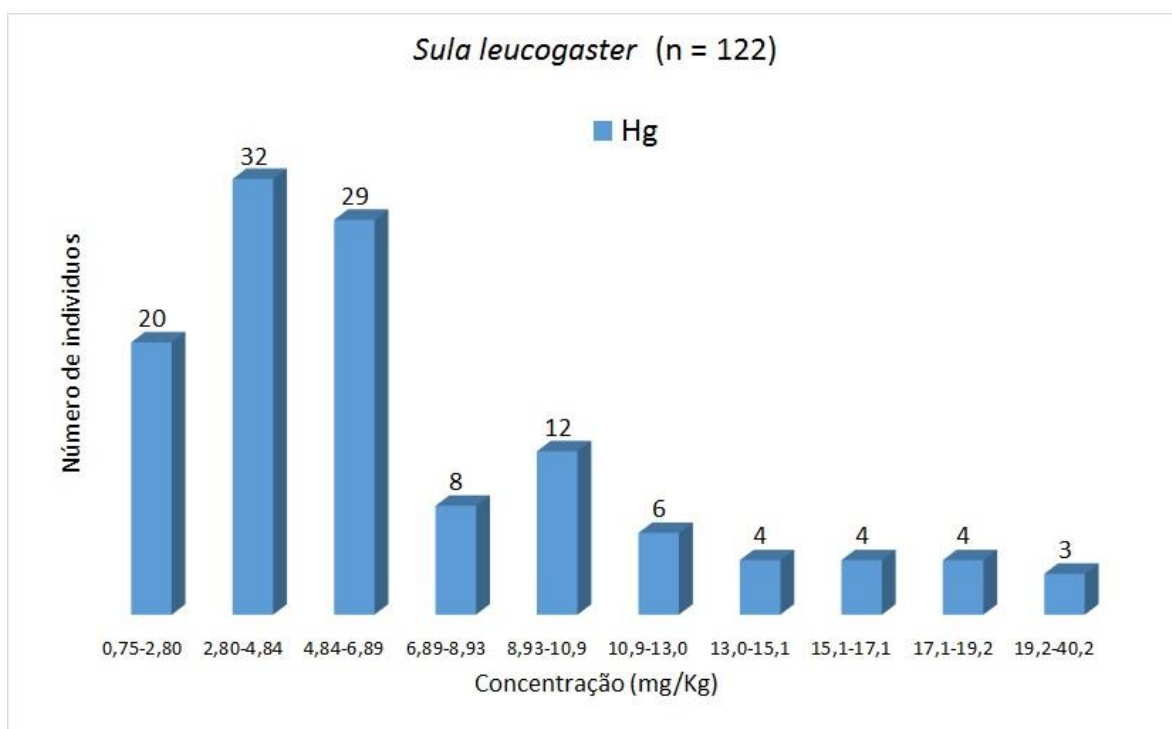


Figura VII.2.4-36 – Histograma de Hg (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 122), considerando o valor do LD.

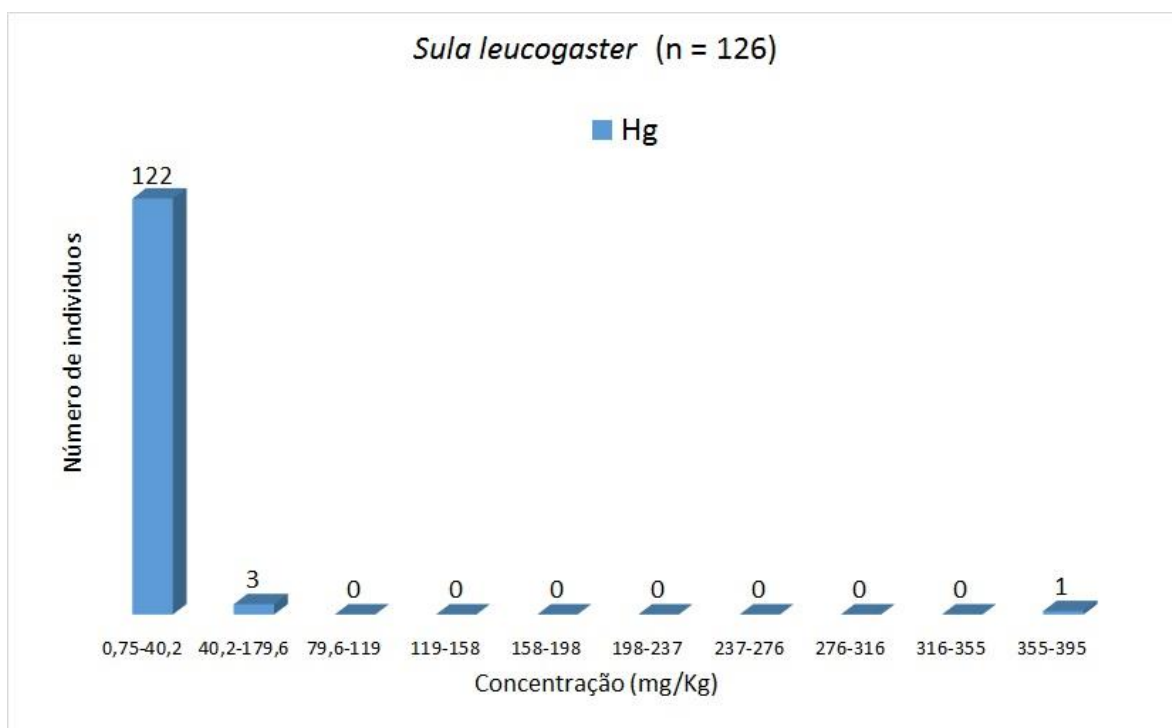


Figura VII.2.4-37 – Histograma de Hg (*Sula leucogaster*) para elementos traço (n = 126), considerando o valor do LD, incluindo 4 possíveis outliers.

Phalacrocorax brasilianus

Desde a Figura VII.2.4-38 até a Figura VII.2.4-49 se mostram os histogramas da espécie *Phalacrocorax brasilianus* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 73), respectivamente. Todos os histogramas mostram-se assimétricos, alguns totalmente alinhados à esquerda, outros aparentemente multimodais e, conseqüentemente, sugerem que os dados não estão distribuídos normalmente, como frequentemente observado nos histogramas anteriores.

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,06 a 0,47 mg kg⁻¹ (43 indivíduos), 0,01 a 0,09 mg kg⁻¹ para Cd (42 indivíduos), < 0,10 mg kg⁻¹ para Cr (43 indivíduos), 11,1-59 mg kg⁻¹ para Cu (49 indivíduos), 0,01 a 0,28 mg Kg⁻¹ para Pb (45 indivíduos), 9,95 a 11,5 mg kg⁻¹ para Mn (20 indivíduos), 2,36 a 2,72 mg kg⁻¹ para Mo (24 indivíduos), 77 a 144 mg kg⁻¹ e 144 a 202 mg kg⁻¹ para Zn (18 e 16 indivíduos, respectivamente), 0,05 a 0,06 mg kg⁻¹ para Ni (68 indivíduos), 0,05 a 0,09 mg kg⁻¹ para Ba (66 indivíduos), 0,19 a 0,37 mg kg⁻¹ e 0,37 a 0,54 mg kg⁻¹ para V (17 e 16 indivíduos, respectivamente) e 0,78 a 3,14 mg kg⁻¹ para Hg (36 indivíduos). *Outliers* podem ser sugeridos para Ni (0,15 a 0,16mg kg⁻¹), Ba (0,38

mg kg⁻¹ a 0,42 mg kg⁻¹), V (1,61 a 1,80 mg kg⁻¹) e Hg (22,0 a 24,5 mg kg⁻¹). Os indivíduos foram coletados no trecho 14 (Ni, Ba e V) e no trecho 15 (Hg). Os possíveis *outliers* para Ni e V ocorreram no mesmo indivíduo (macho e estágio de desenvolvimento juvenil).

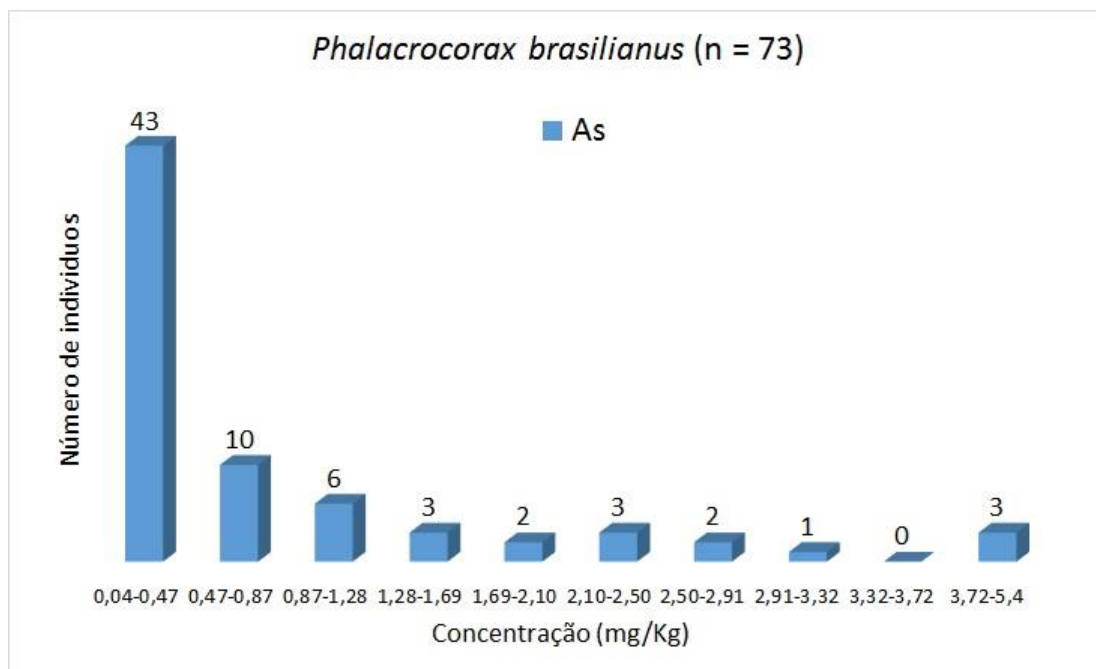


Figura VII.2.4-38 – Histograma de As (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 73), considerando o valor do LD.

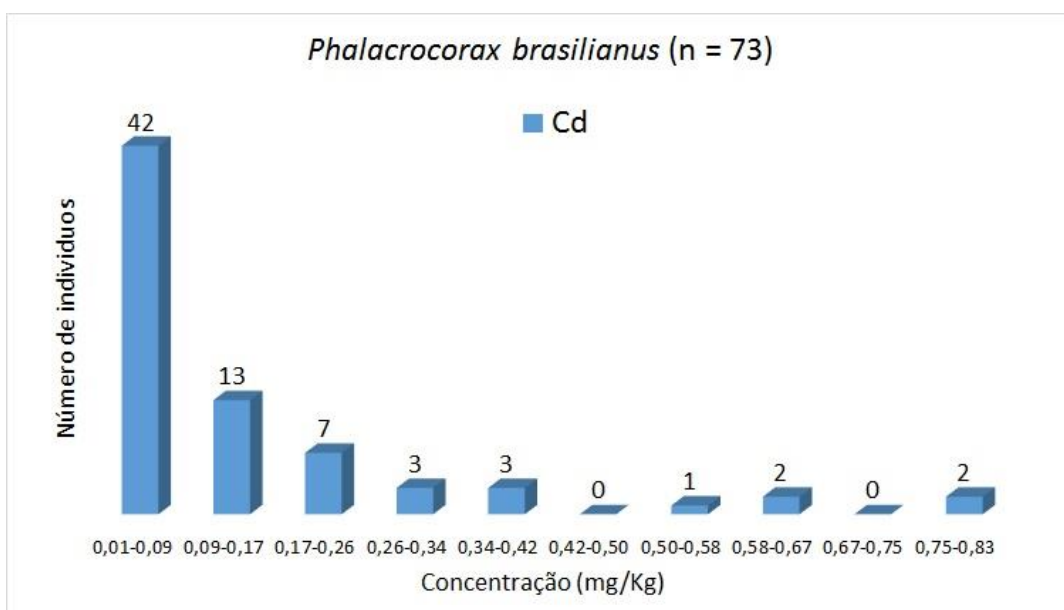


Figura VII.2.4-39 – Histograma de Cd (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 73), considerando o valor do LD.

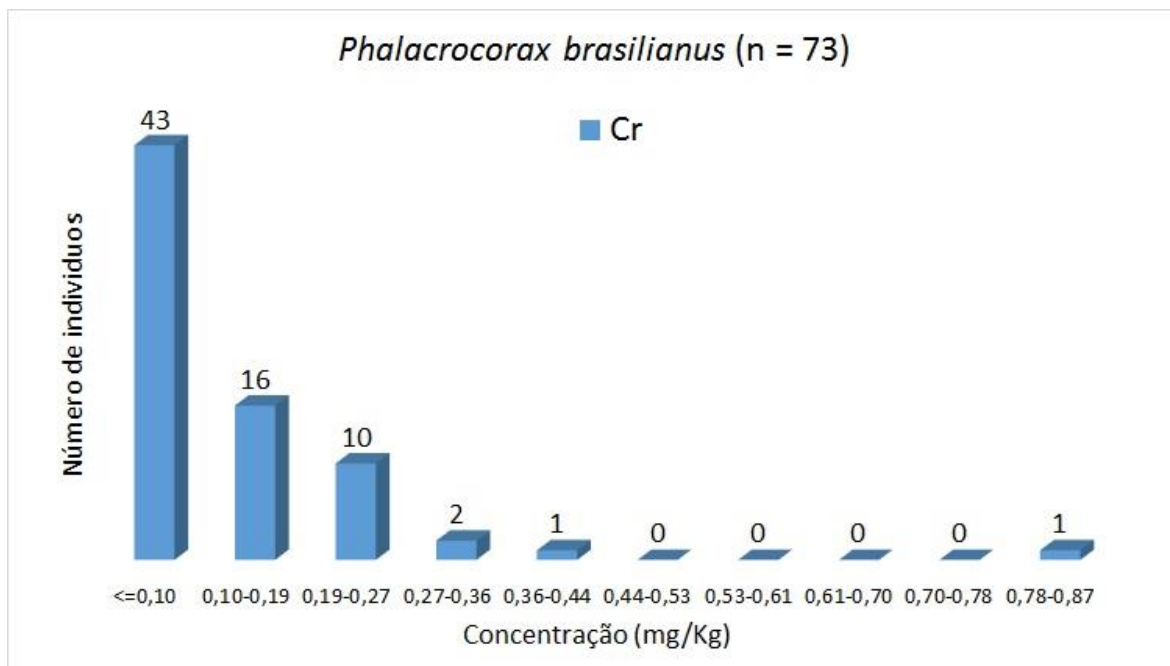


Figura VII.2.4-40 – Histograma de Cr (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 73), considerando o valor do LD.

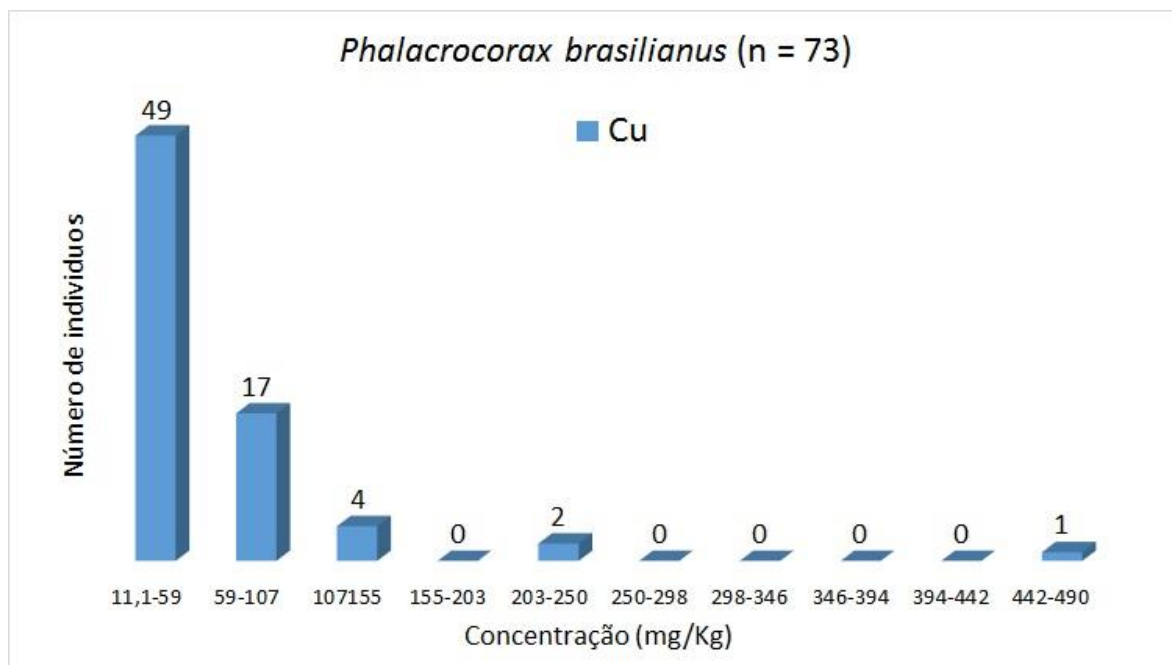


Figura VII.2.4-41 – Histograma de Cu (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 73), considerando o valor do LD.

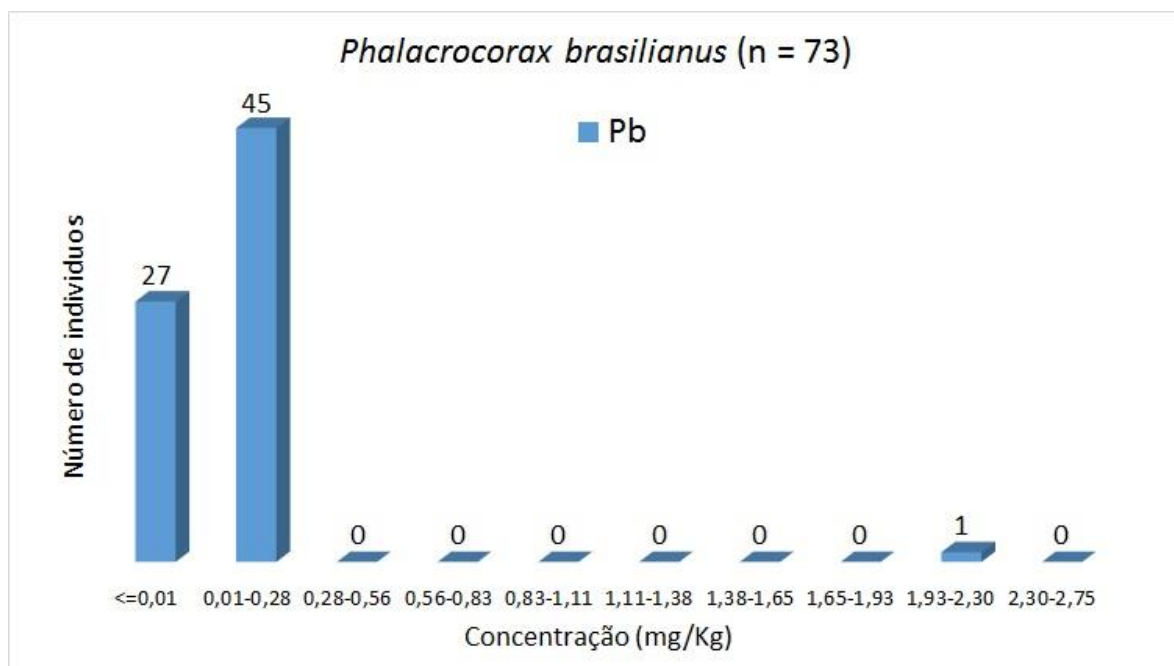


Figura VII.2.4-42 – Histograma de Pb (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 73), considerando o valor do LD.

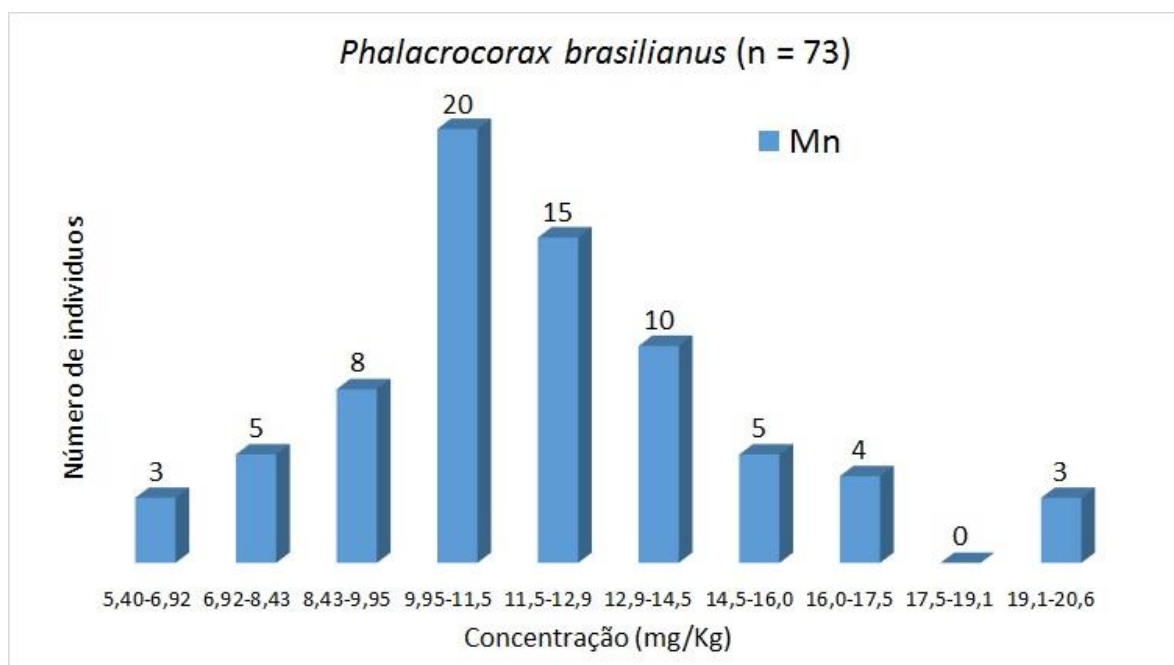


Figura VII.2.4-43 – Histograma de Mn (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 73), considerando o valor do LD.

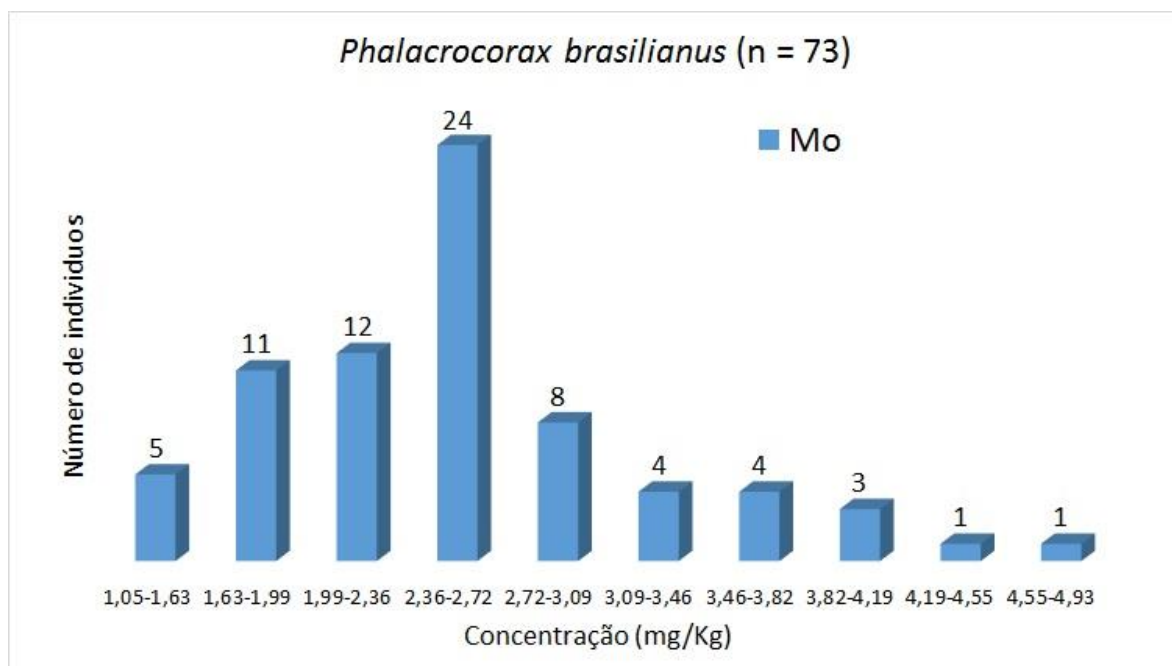


Figura VII.2.4-44 – Histograma de Mo (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 73) considerando o valor do LD.

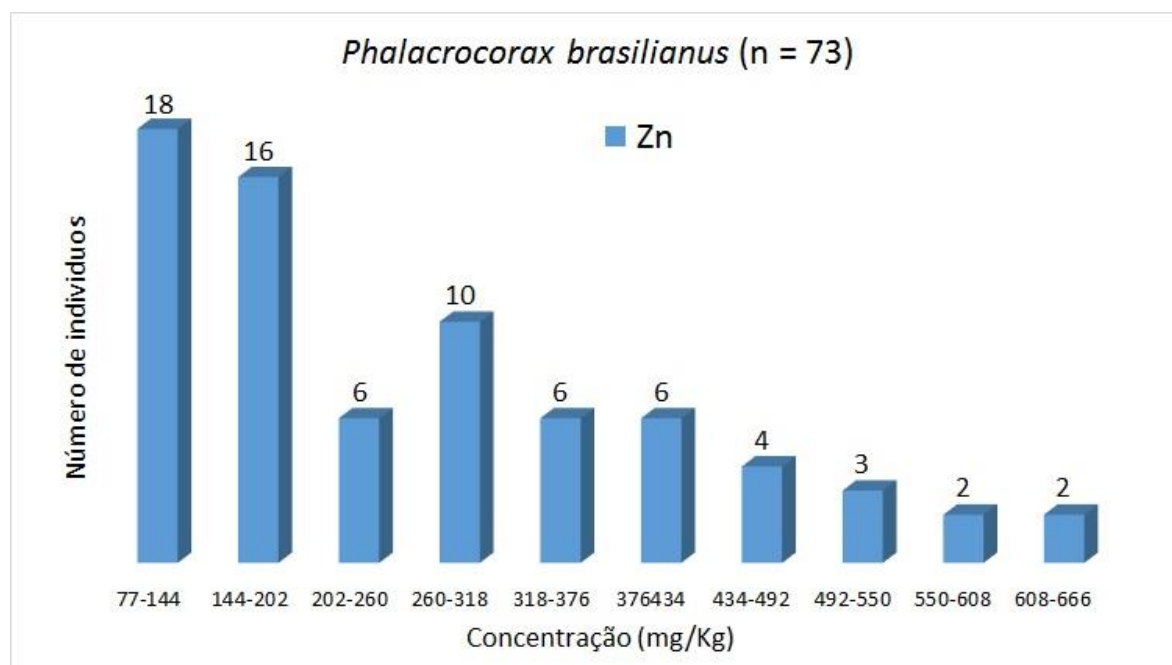


Figura VII.2.4-45 – Histograma de Zn (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 73), considerando o valor do LD.

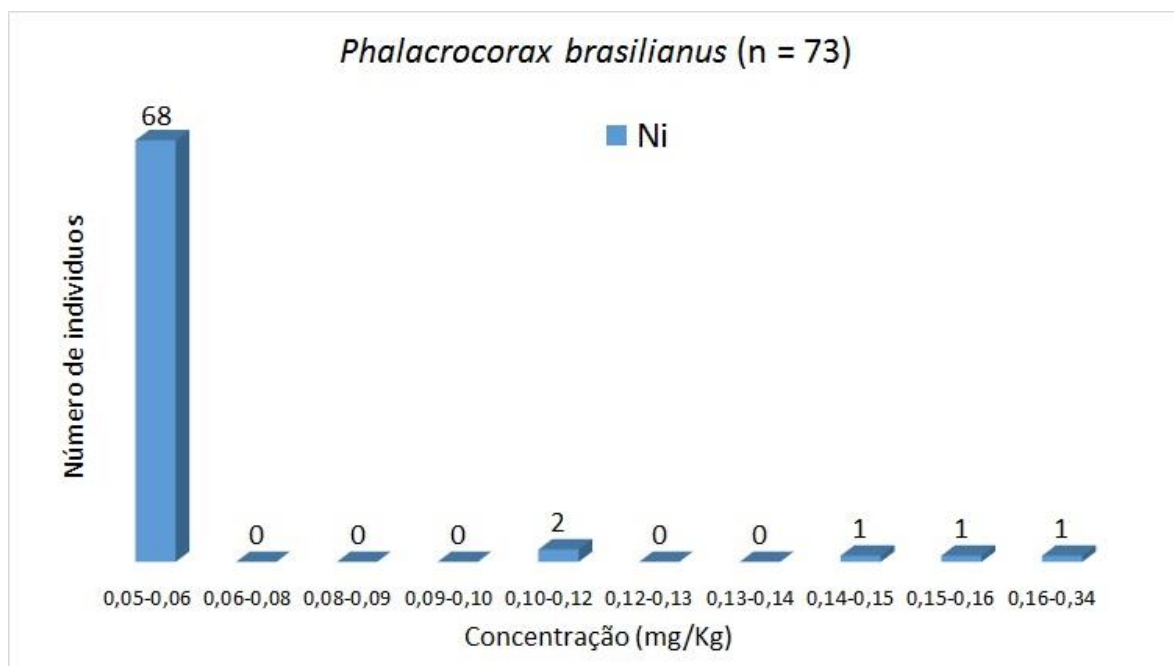


Figura VII.2.4-46 – Histograma de Ni (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 73), considerando o valor do LD.

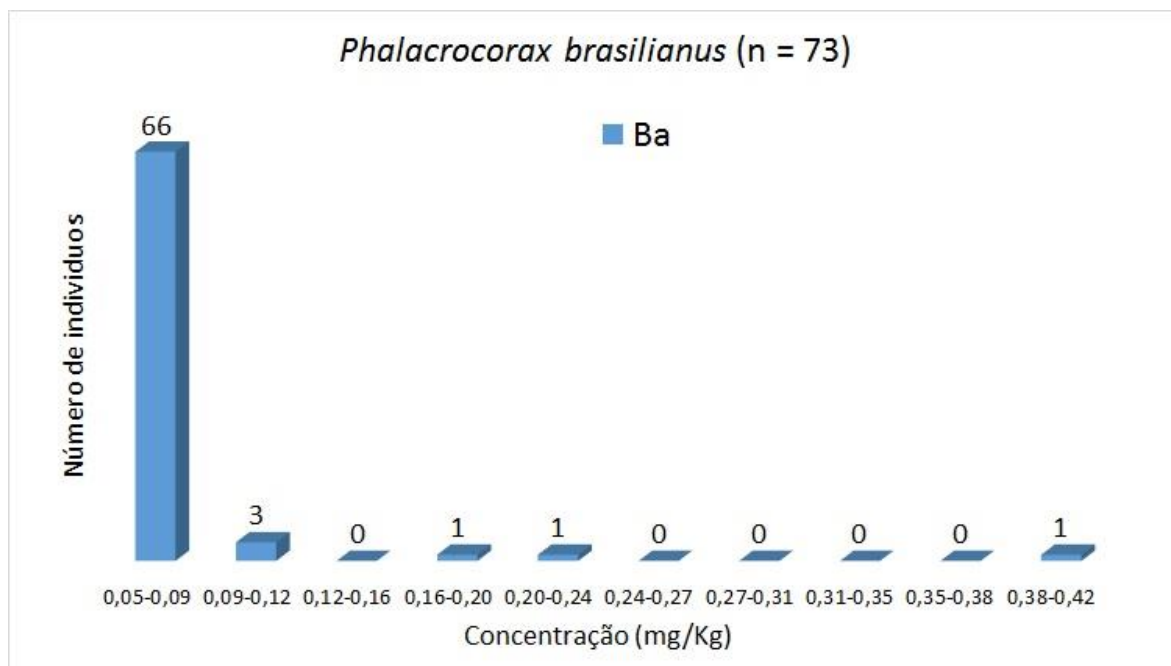


Figura VII.2.4-47 – Histograma de Ba (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 73), considerando o valor do LD.

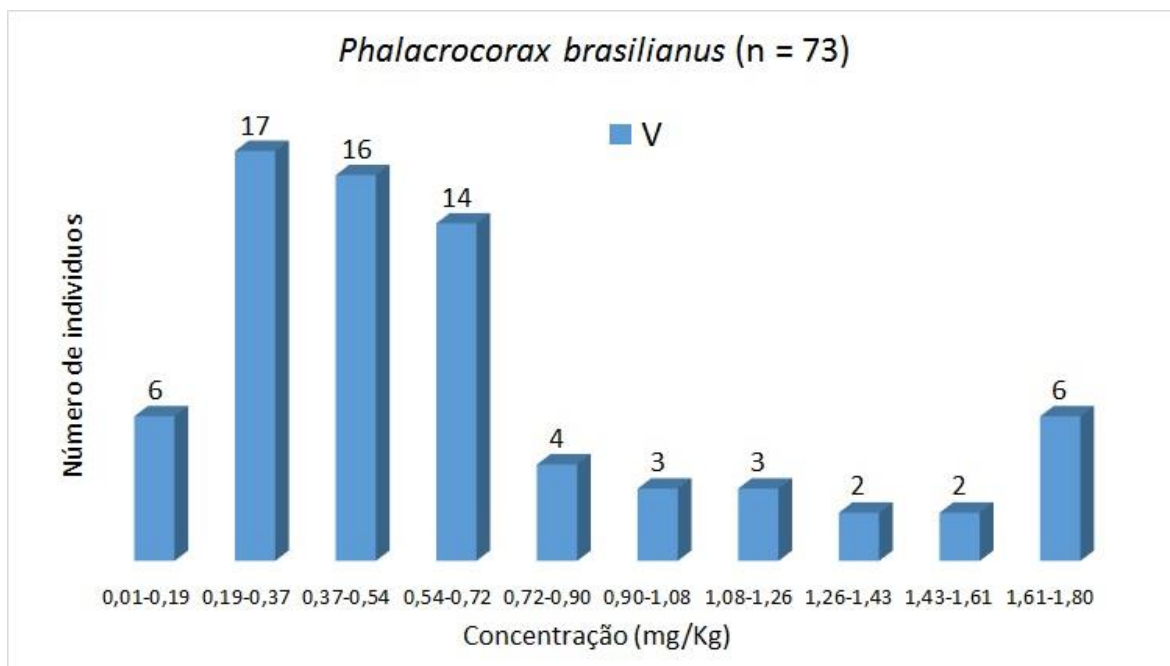


Figura VII.2.4-48 – Histograma de V (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 73), considerando o valor do LD.

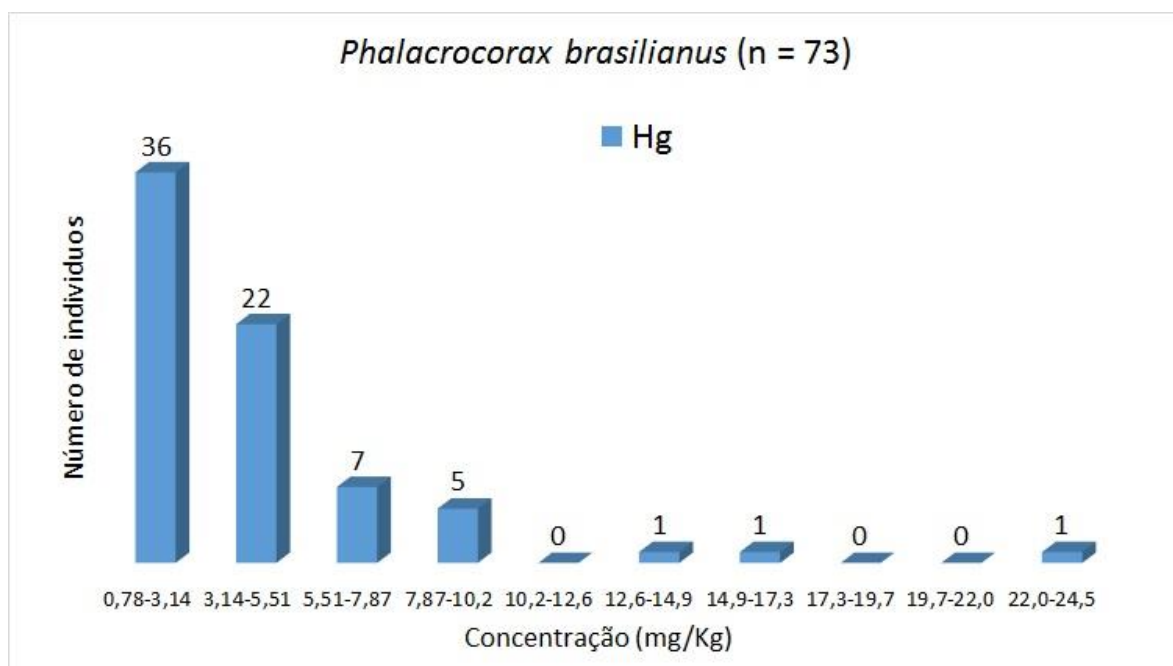


Figura VII.2.4-49 – Histograma de Hg (*Phalacrocorax brasilianus*) para elementos traço (n = 73), considerando o valor do LD.

Fregata magnificens

Os histogramas da espécie *Fregata magnificens* se apresentam entre a Figura VII.2.4-50 e a Figura VII.2.4-61 para As, Cd, Cr, Cu Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 52), respectivamente. Para a grande maioria dos elementos, os histogramas mostram-se assimétricos, alguns totalmente alinhados à esquerda, outros aparentemente multimodais e, conseqüentemente, sugerem que os dados não estão distribuídos normalmente.

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,8 a 3,0 mg kg⁻¹ (24 indivíduos), 0,03 a 0,86 mg kg⁻¹ para Cd (33 indivíduos), 0,05 a 0,07 mg kg⁻¹ para Cr (25 indivíduos), 11,2 a 23 mg kg⁻¹ para Cu (27 indivíduos), <0,01 mg kg⁻¹ para Pb (31 indivíduos), 9,6 a 11,7 mg kg⁻¹ para Mn (19 indivíduos), 1,06 a 1,25 mg kg⁻¹ e 1,25 a 1,44 mg kg⁻¹ para Mo (9 e 10 indivíduos, respectivamente), 102 a 133 mg kg⁻¹ e 133 a 165 mg kg⁻¹ para Zn (13 e 11 indivíduos, respectivamente), 0,05 a 0,08 mg kg⁻¹ para Ni (45 indivíduos), 0,05 a 0,06 mg kg⁻¹ para Ba (51 indivíduos), 0,22 a 0,43 mg kg⁻¹ para V (21 indivíduos) e 1,30 a 8,94 mg kg⁻¹ para Hg (28 indivíduos). *Outliers* podem ser sugeridos para Cd (7,47 a 8,30 mg kg⁻¹), Cr (0,22 a 0,24 mg kg⁻¹), Ni (0,34 a 0,38 mg kg⁻¹), Ba (0,10 a 0,10 mg kg⁻¹). Os possíveis *outliers* foram de indivíduos que ocorreram no trecho 2 (Cd), trecho 15 (Cu), trecho 14 (Zn) e no trecho 7 (Hg).

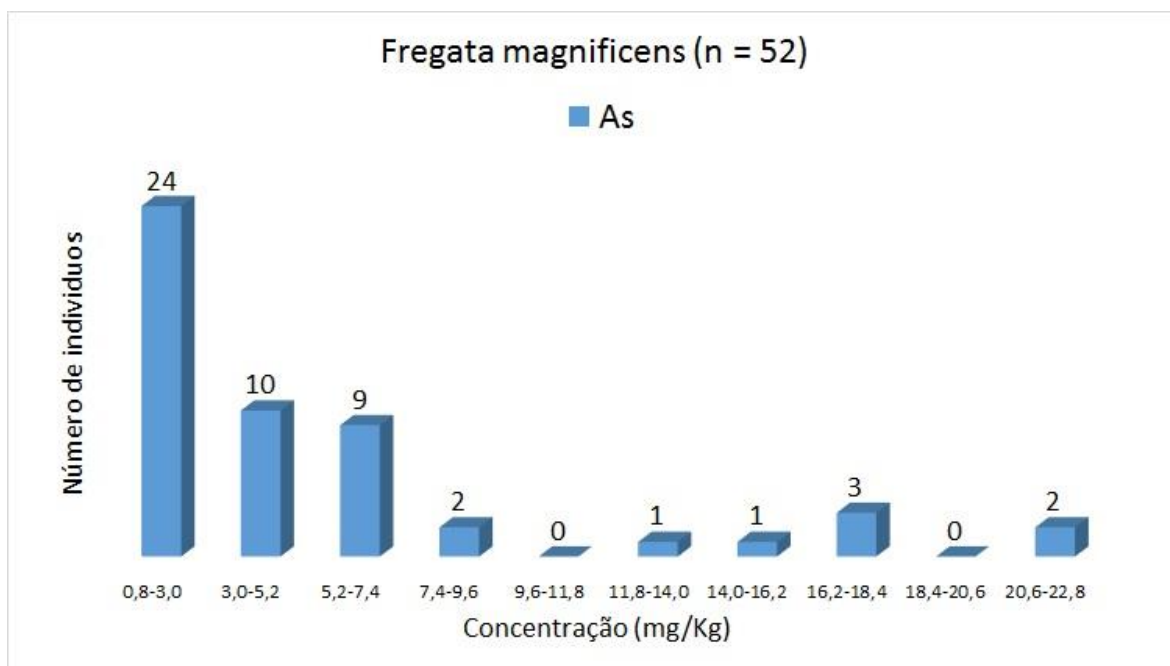


Figura VII.2.4-50 – Histograma de As (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

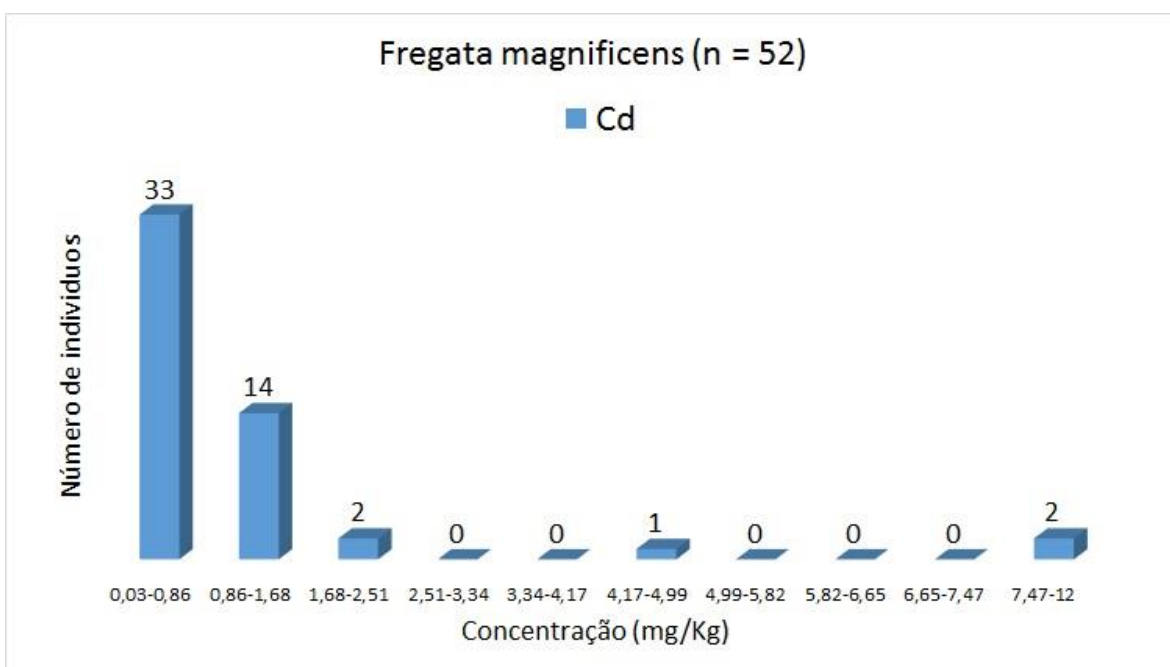


Figura VII.2.4-51 – Histograma de Cd (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

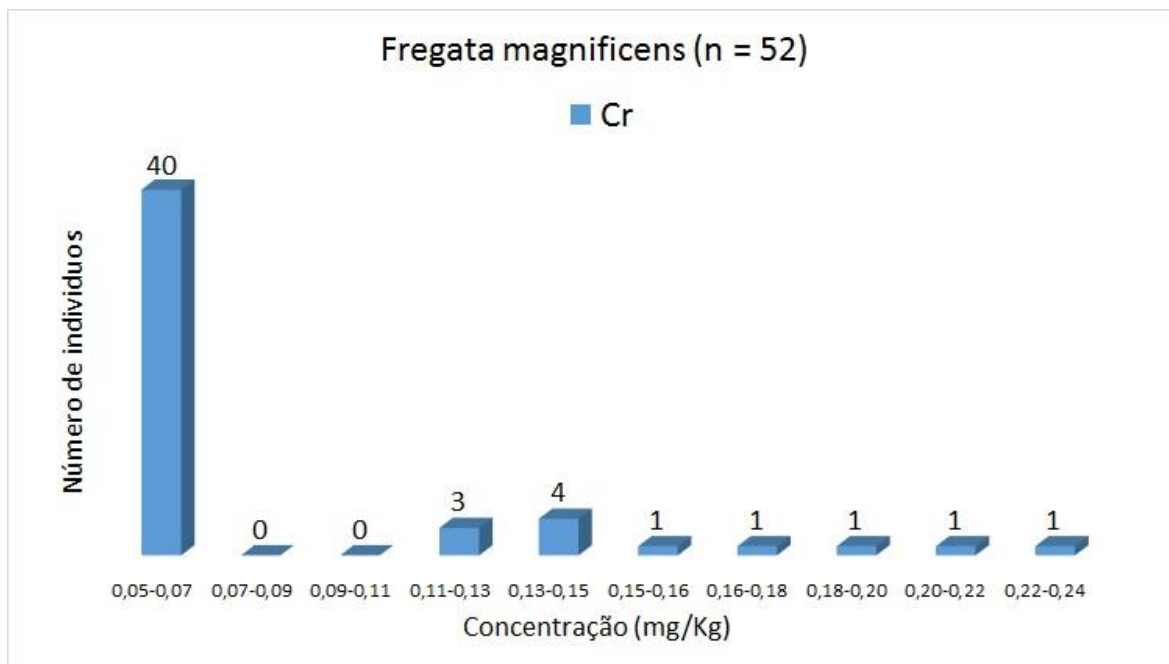


Figura VII.2.4-52 – Histograma de Cr (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

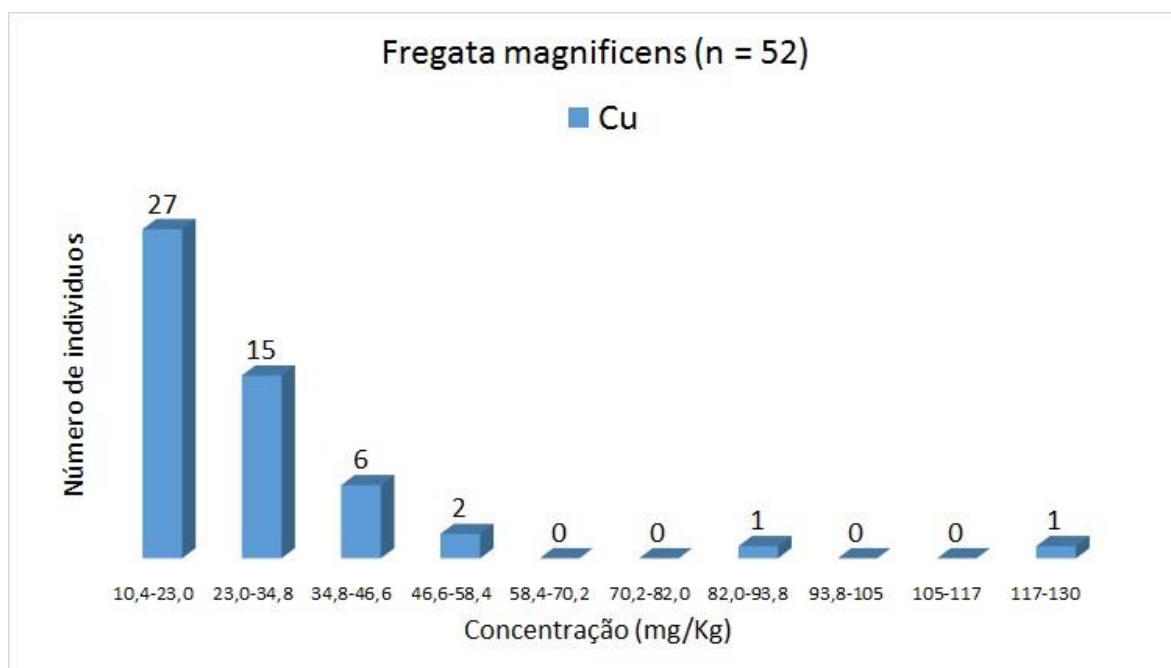


Figura VII.2.4-53 – Histograma de Cu (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

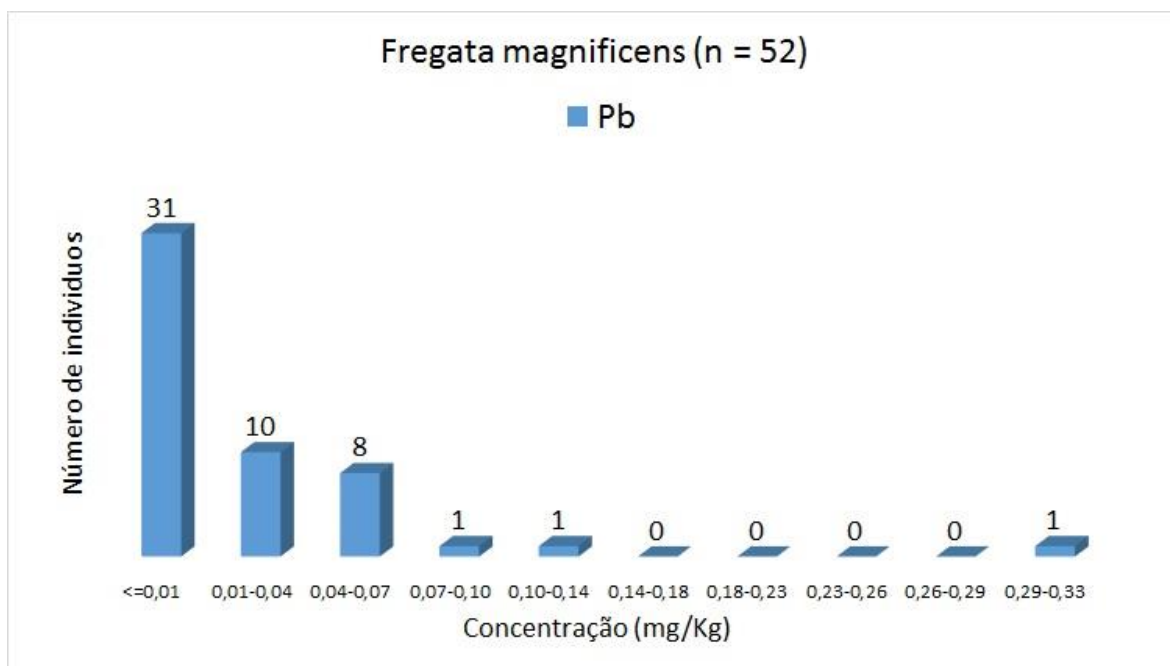


Figura VII.2.4-54 – Histograma de Pb (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

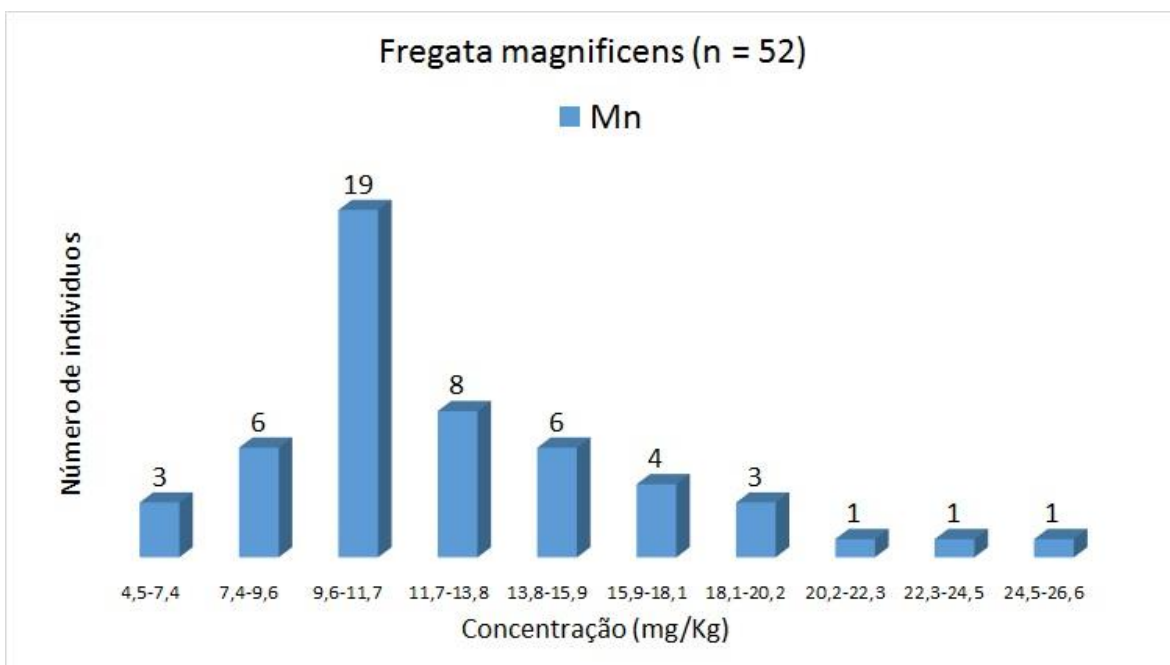


Figura VII.2.4-55 – Histograma de Mn (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

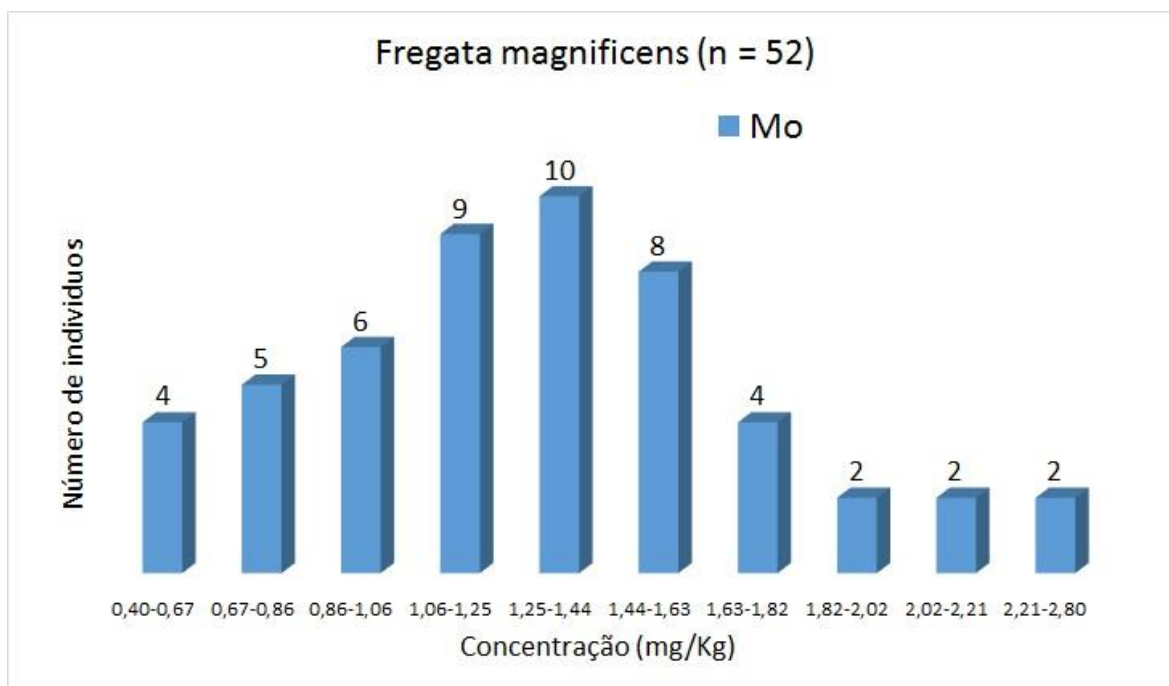


Figura VII.2.4-56 – Histograma de Mo (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

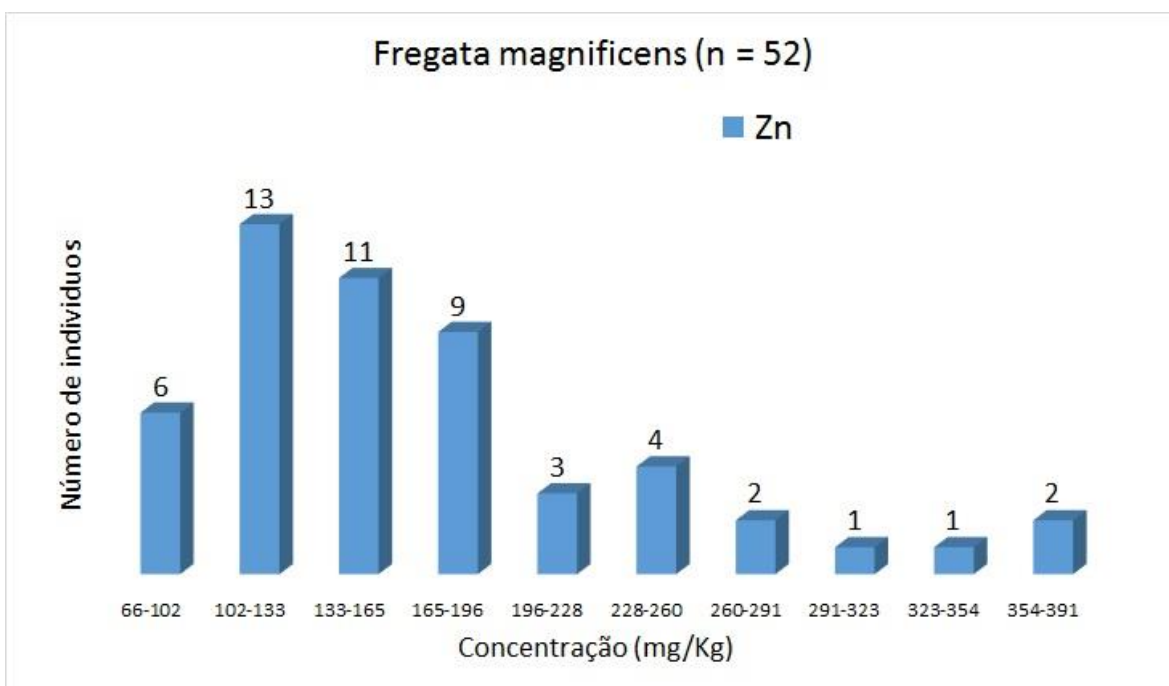


Figura VII.2.4-57 – Histograma de Zn (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

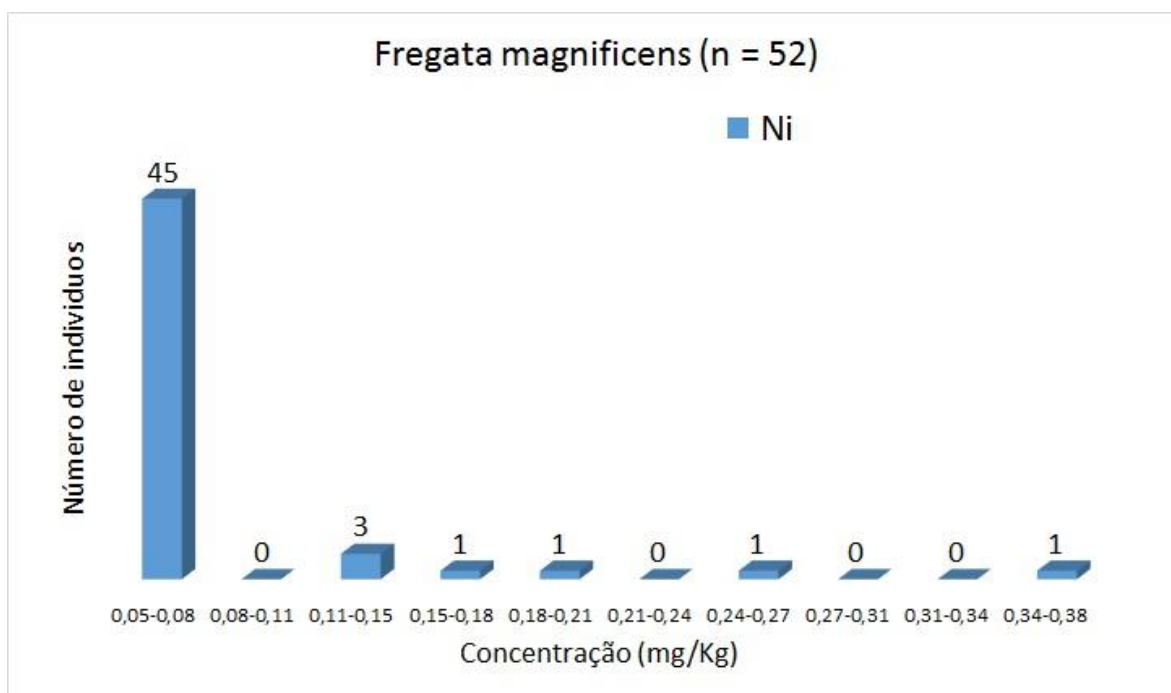


Figura VII.2.4-59 – Histograma de Ni (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

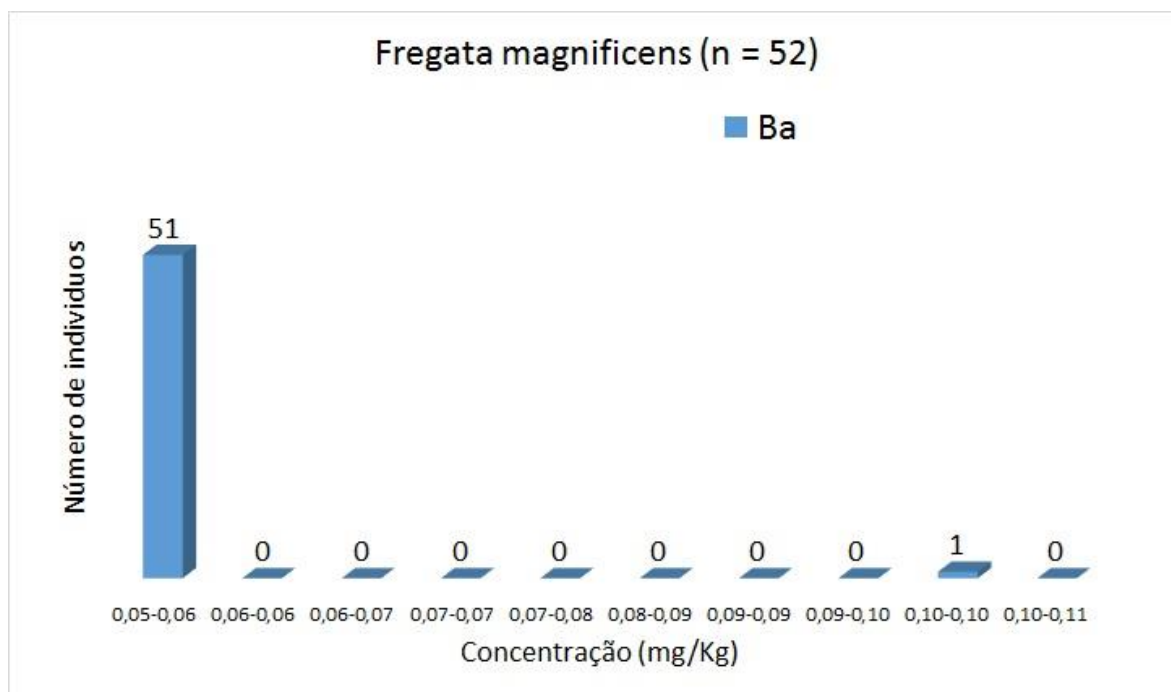


Figura VII.2.4-58 – Histograma de Ba (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

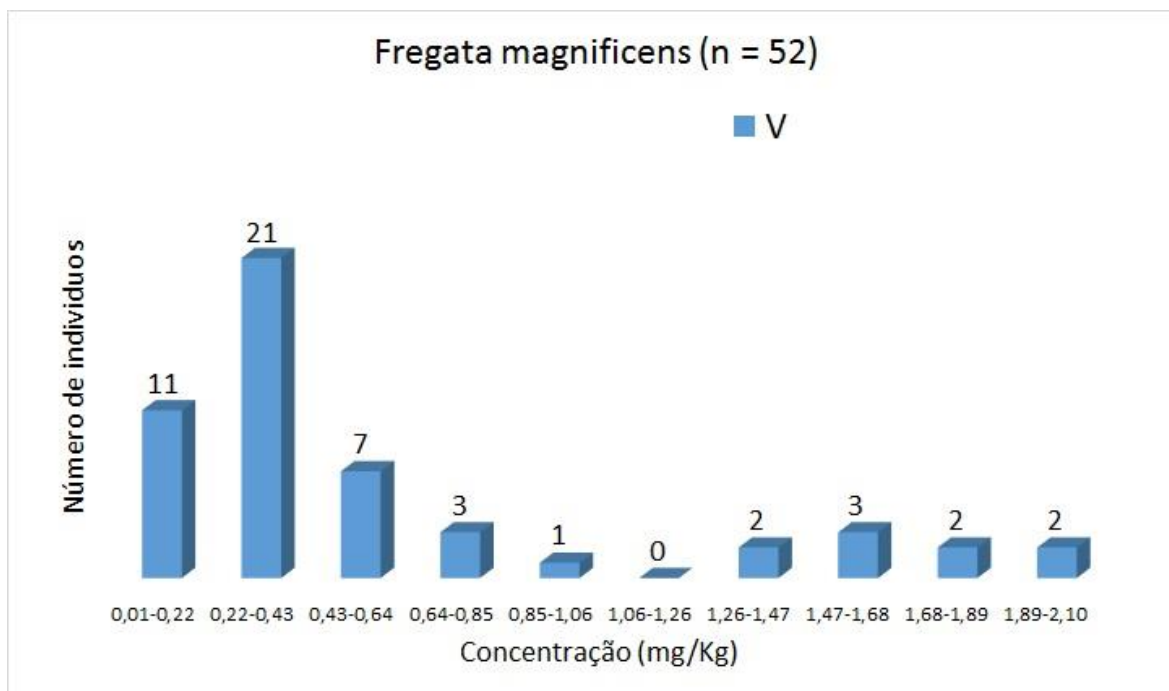


Figura VII.2.4-60 – Histograma de V (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

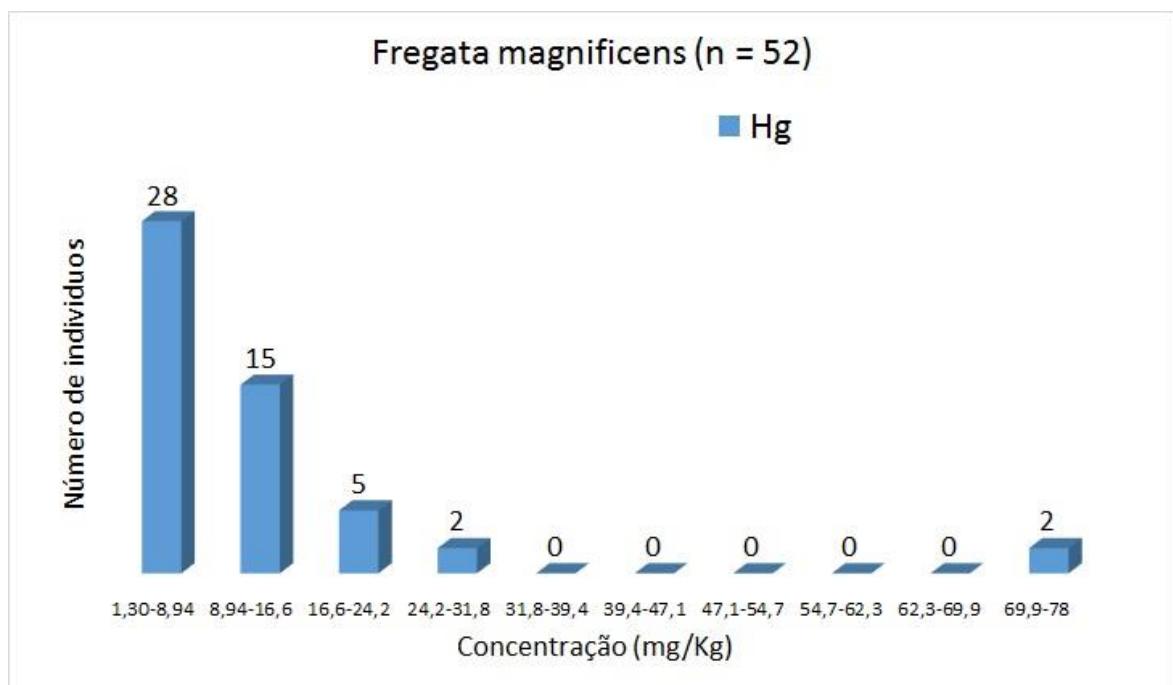


Figura VII.2.4-61 – Histograma de Hg (*Fregata magnificens*) para elementos traço (n = 52), considerando o valor do LD.

Tartarugas Marinhas

Chelonia mydas

As Figura VII.2.4-62 a **Figura VII.2.4-73** mostram os histogramas da espécie *Chelonia mydas* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 962), respectivamente. Todos os histogramas apresentaram assimetria, alinhados à esquerda e, conseqüentemente, sugerem que os dados não estão distribuídos normalmente. Apresentam distribuições semelhantes (com pequenas assimetrias a esquerda) o Cd, Cu, Mn e Zn.

As concentrações mais frequentes de As foram de 0,17 a 8,79 mg kg⁻¹ (652 indivíduos), 10,4 a 20,7 mg kg⁻¹ para Cd (304 indivíduos), < 0,10 mg kg⁻¹ para Cr (407 indivíduos), 81,1 a 152 mg kg⁻¹ para Cu (276 indivíduos), 0,01 a 1,26 mg kg⁻¹ para Pb (711 indivíduos), 7,32 a 10,9 mg kg⁻¹ para Mn (338 indivíduos), 0,10 a 0,89 mg kg⁻¹ para Mo (451 indivíduos), 99 a 131 mg kg⁻¹ para Zn (258 indivíduos), 0,10 a 0,62 mg kg⁻¹ para Ni (715 indivíduos), 0,10 a 0,67 mg kg⁻¹ para Ba (605 indivíduos), 0,02 a 1,29 mg kg⁻¹ para V (690 indivíduos) e de 0,06 a 46,4 mg Kg⁻¹ para Hg (960 indivíduos). *Outliers* podem ser sugeridos para Pb (9,97 a 19,5), Mo (6,40 a 7,19 mg kg⁻¹), Zn (448 a 524 mg kg⁻¹), Ba (4,65 a 5,23 mg kg⁻¹), V (10,2 a 19,1 mg kg⁻¹), Hg (185 a 232 mg kg⁻¹ e 417 a 464 mg kg⁻¹). Os possíveis *outliers* são de animais coletados no trecho 1 (Zn), trecho 5 (Hg), trecho 7 (Pb, Ba e V) e no trecho 8 (Mo).

A **Figura VII.2.4-73** mostra o histograma para Hg desconsiderando dois indivíduos com concentrações acima de 13 mg kg⁻¹ (192 mg kg⁻¹ e 463 mg kg⁻¹), detalhando a distribuição da categoria de 0,1 a 46,4 mg kg⁻¹. Semelhante aos demais histogramas apresentados para *Chelonia mydas* (Figura VII.2.4-62 a **Figura VII.2.4-72**), o histograma da **Figura VII.2.4-73** apresentou assimetria, alinhado à esquerda e, sugerindo que os dados não estão distribuídos normalmente.

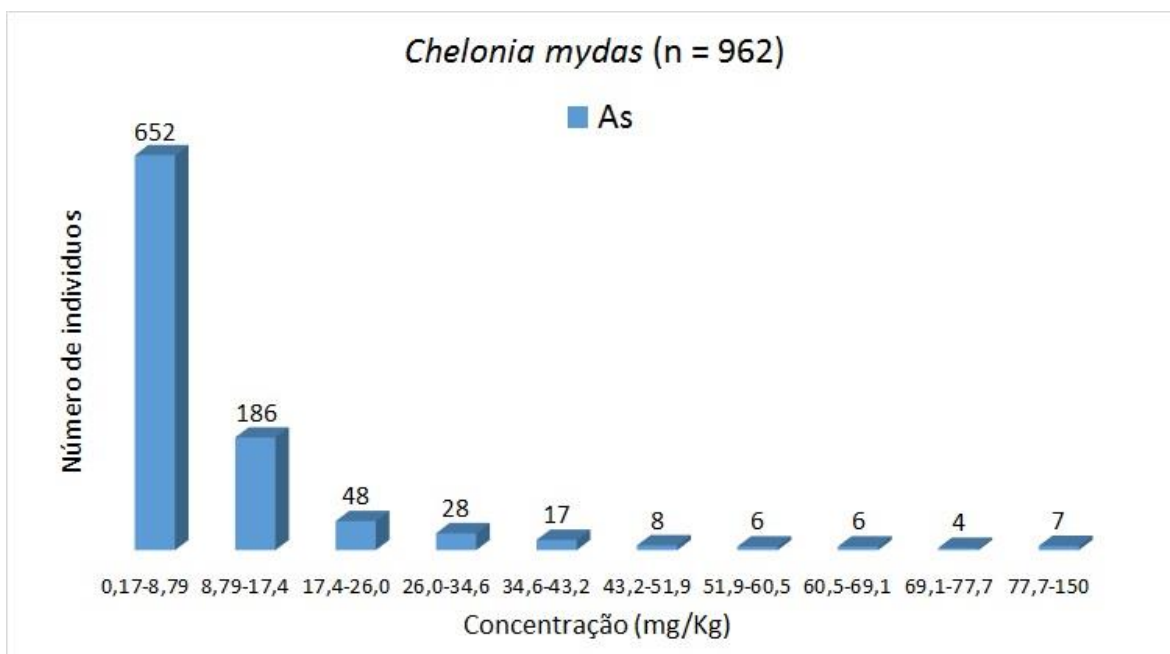


Figura VII.2.4-62 – Histograma de As (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 962), considerando o valor do LD.

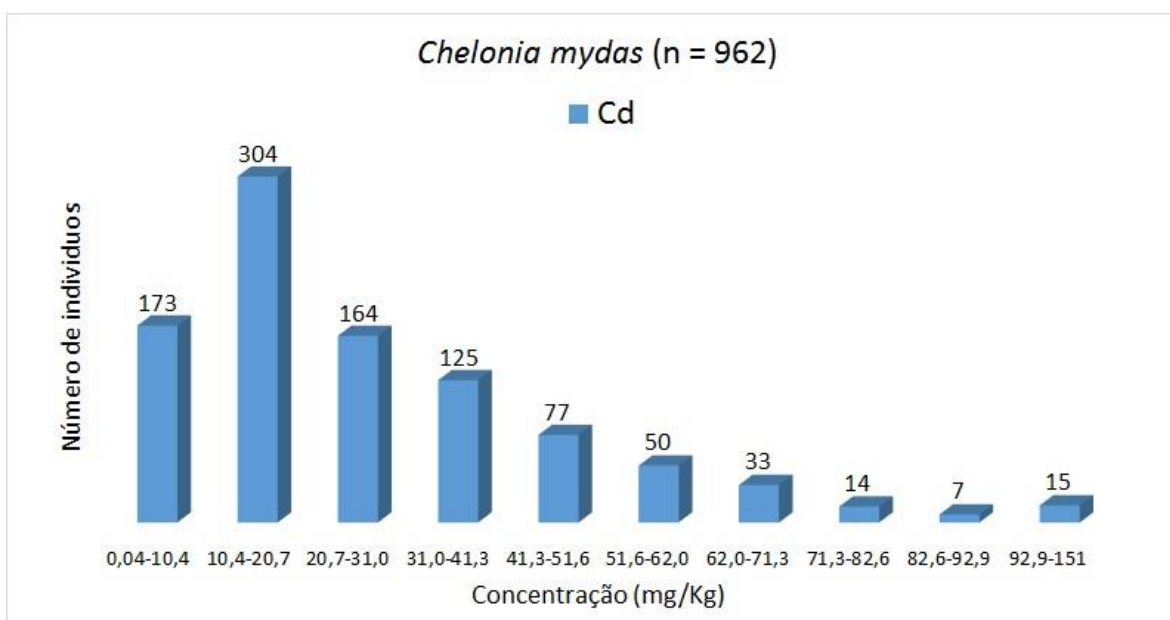


Figura VII.2.4-63 – Histograma de Cd (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 962), considerando o valor do LD.

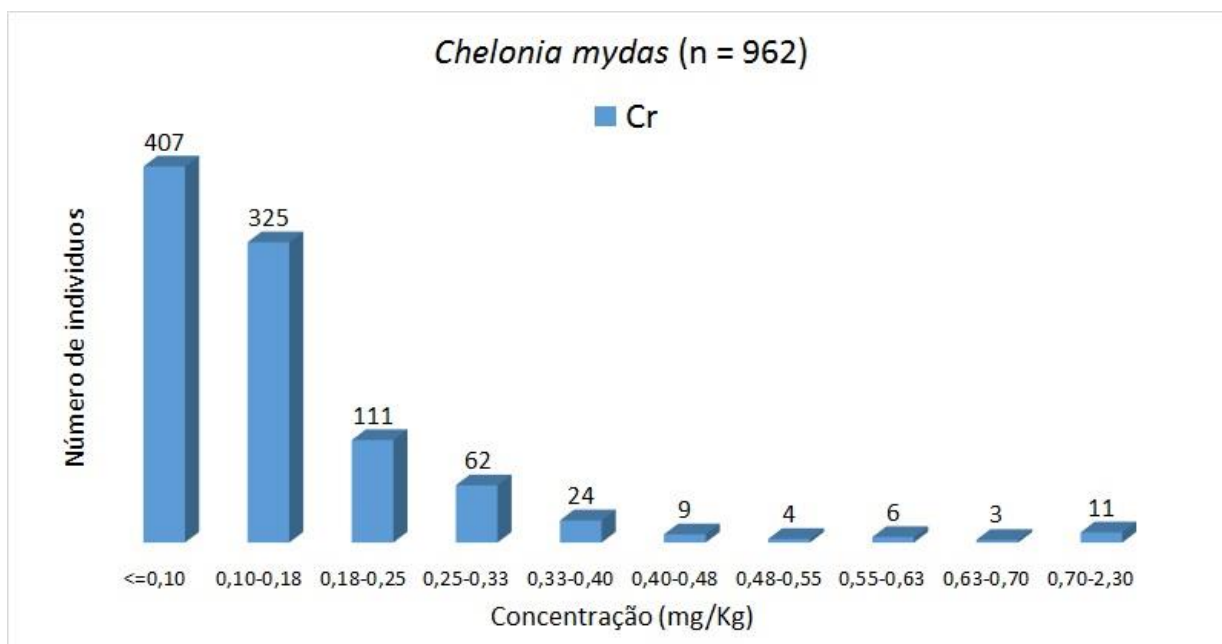


Figura VII.2.4-64 – Histograma de Cr (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 962), considerando o valor do LD.

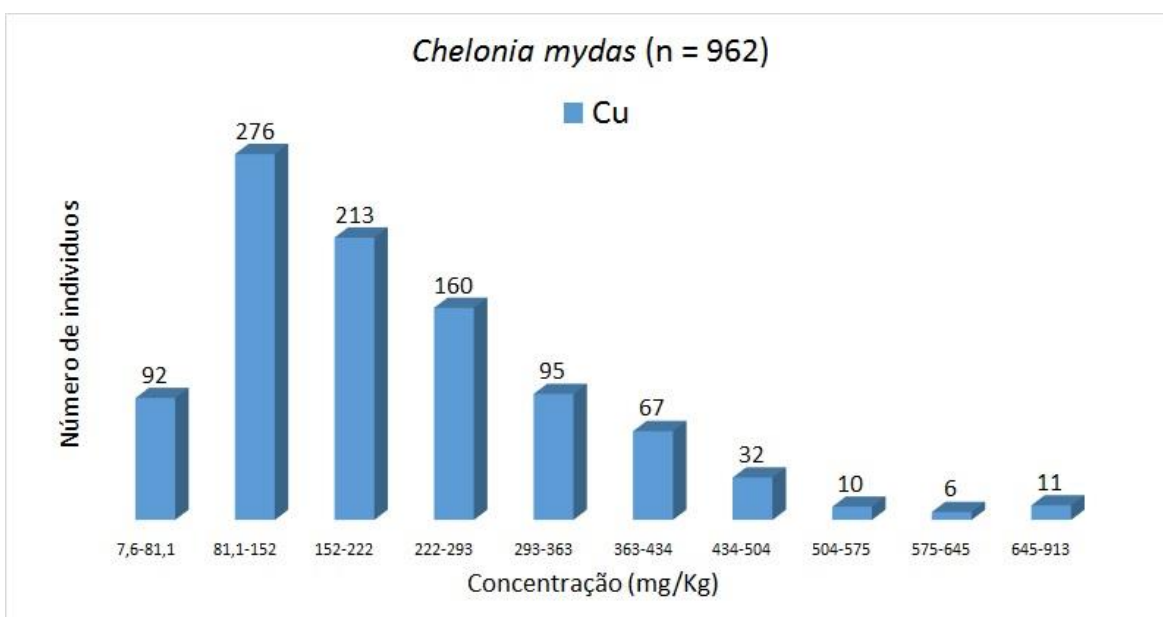


Figura VII.2.4-65 – Histograma de Cu (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 962), considerando o valor do LD.

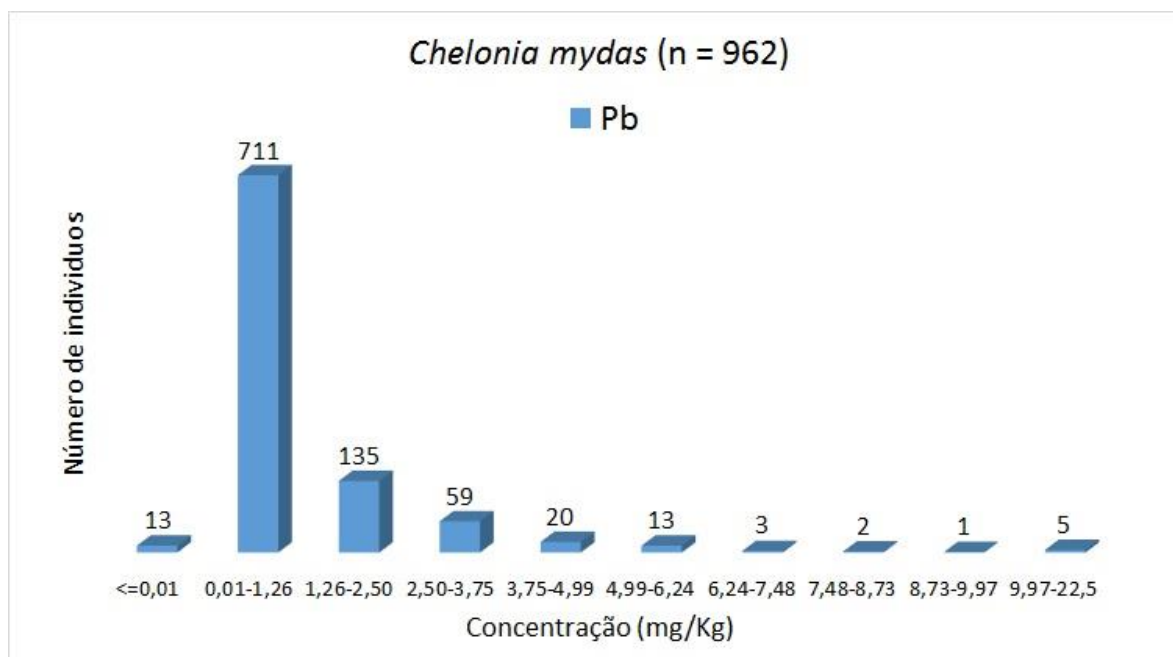


Figura VII.2.4-66 – Histograma de Pb (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 962), considerando o valor do LD.

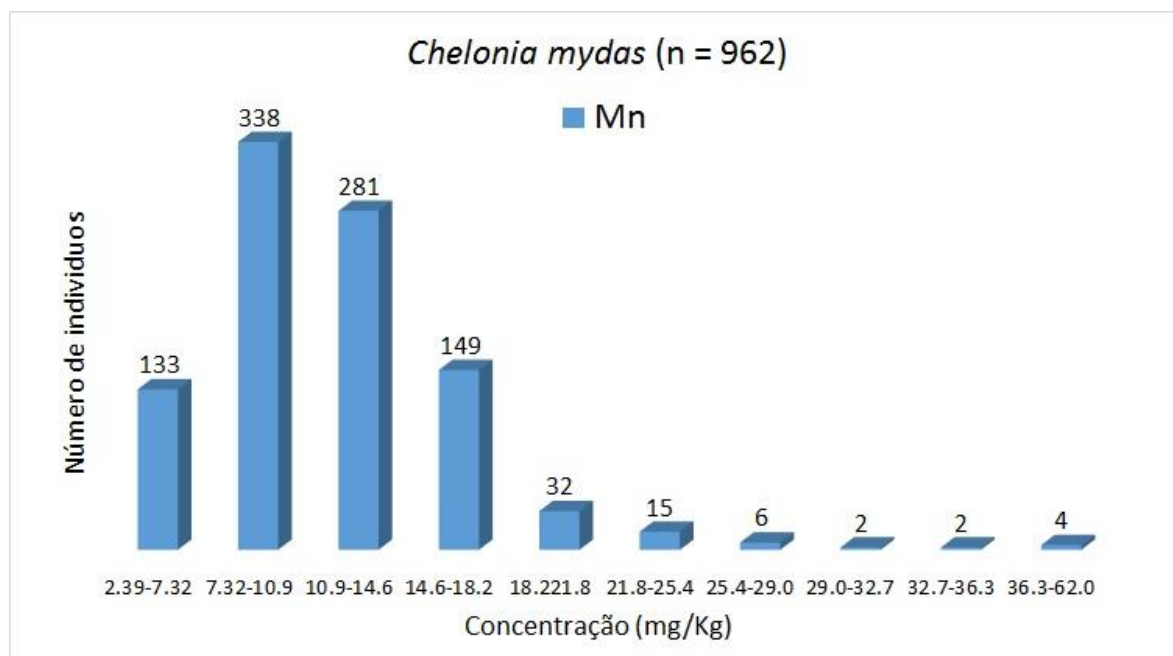


Figura VII.2.4-67 – Histograma de Mn (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 962), considerando o valor do LD.

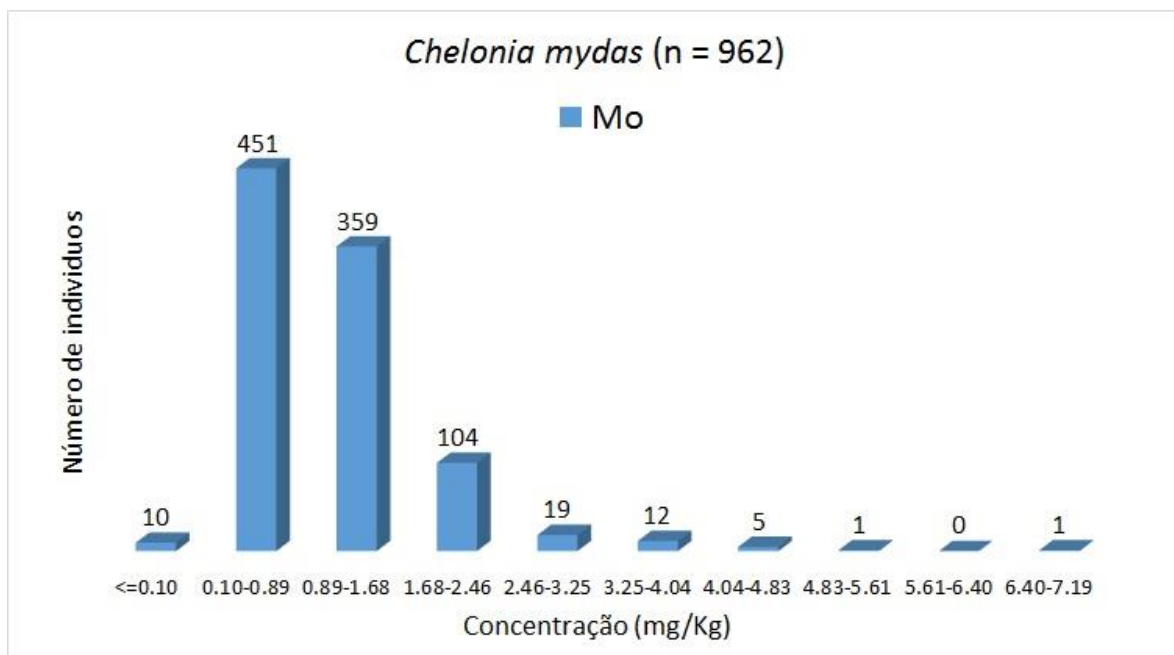


Figura VII.2.4-68 – Histograma de Mo (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 962), considerando o valor do LD.

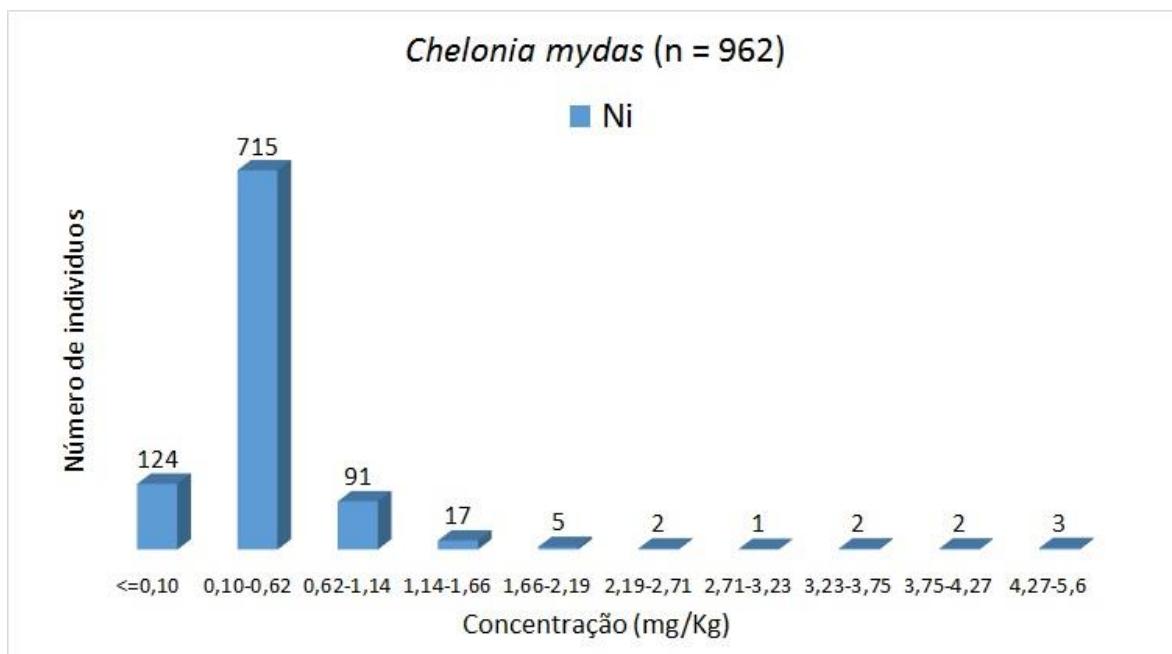


Figura VII.2.4-69 – Histograma de Ni (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 962), considerando o valor do LD.

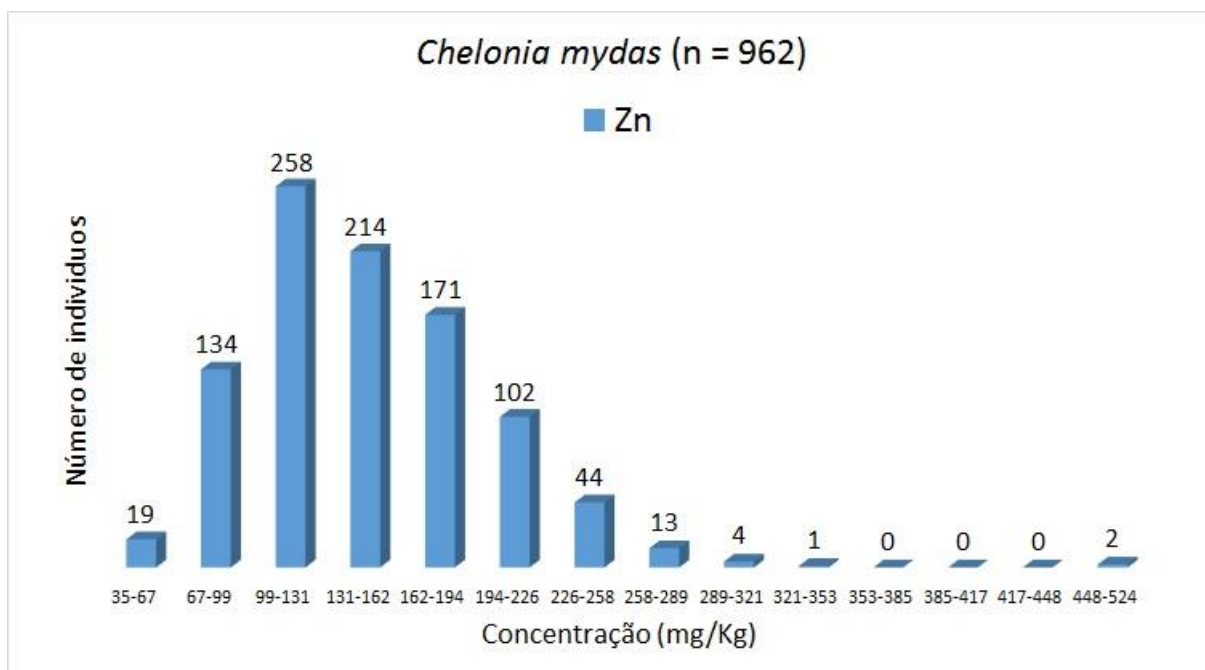


Figura VII.2.4-70 – Histograma de Zn (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 962), considerando o valor do LD.

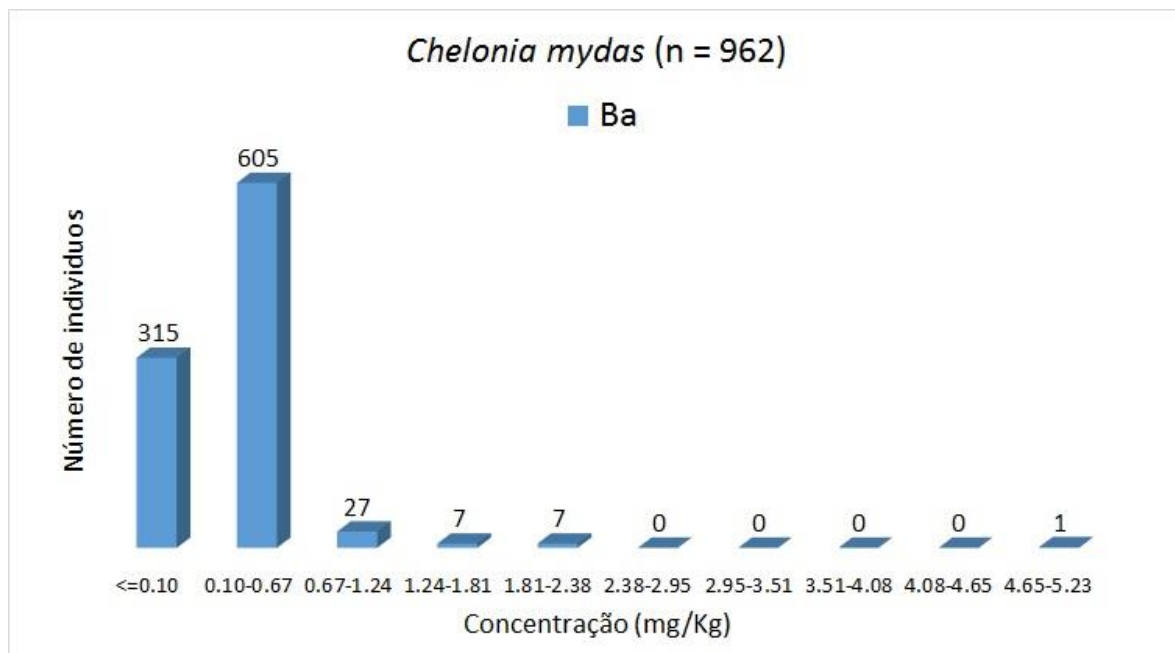


Figura VII.2.4-71 – Histograma de Ba (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 962), considerando o valor do LD.

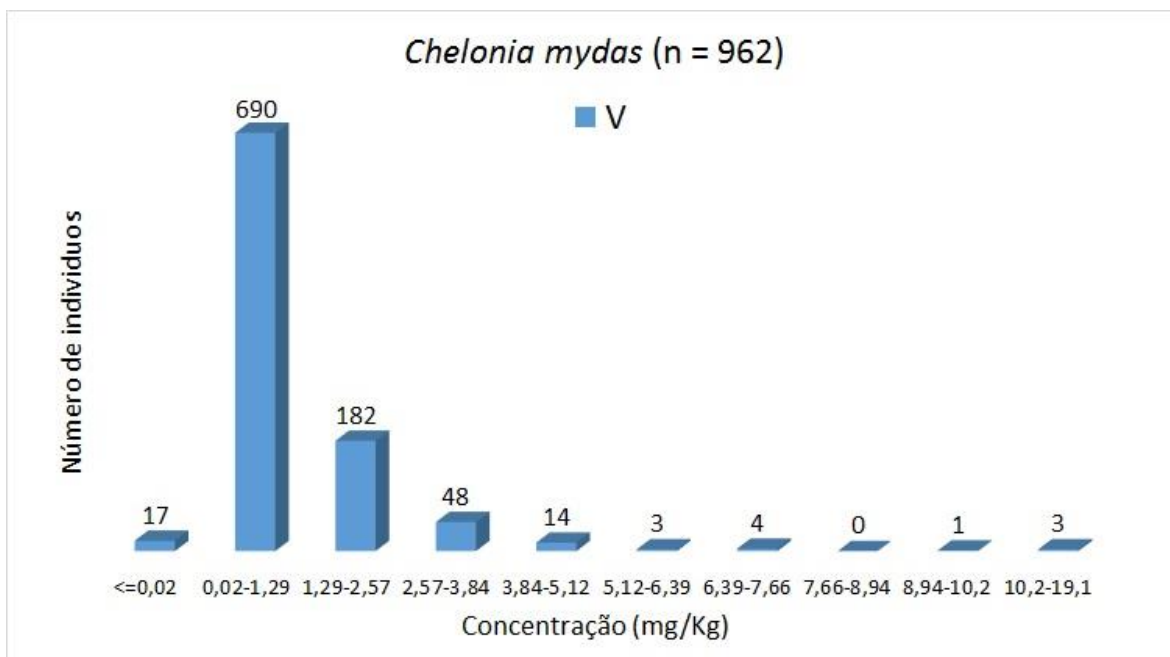


Figura VII.2.4-72 – Histograma de V (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 962), considerando o valor do LD.

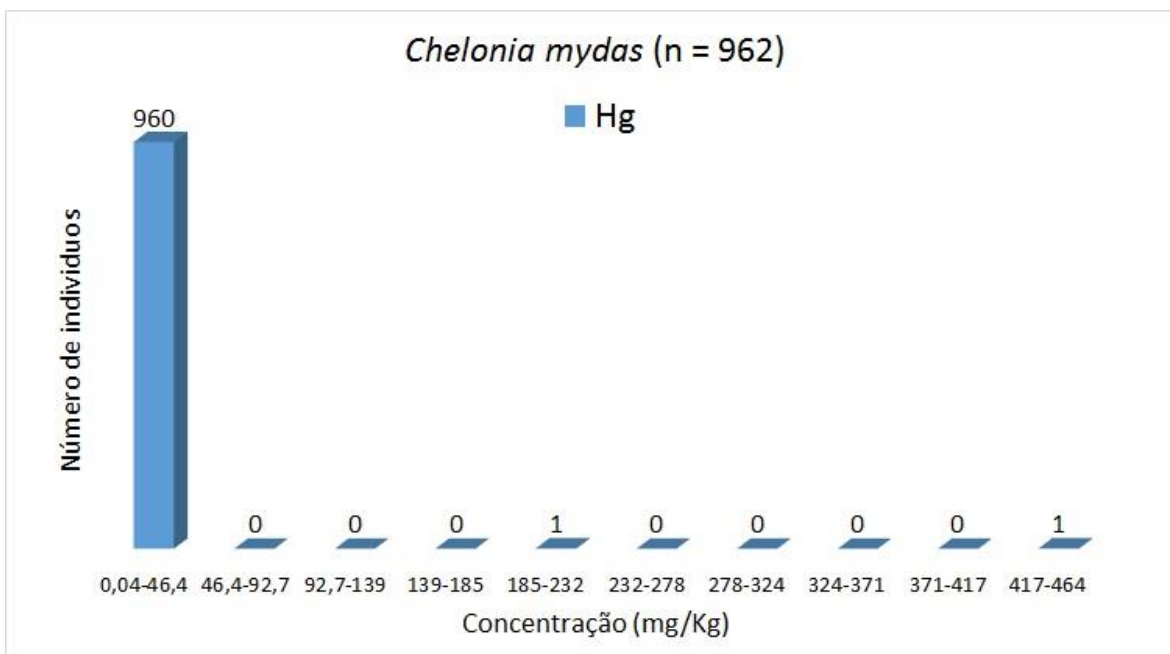


Figura VII.2.4-73 – Histograma de Hg (*Chelonia mydas*) para elementos traço (n = 962), considerando o valor do LD.

Caretta caretta

As Figuras (Figura VII.2.4-74 a Figura VII.2.4-85) mostram os histogramas da espécie *Caretta caretta* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 35), respectivamente. Geralmente alinhados à esquerda ou multimodais evidenciam que a distribuição dos dados é anormal.

As concentrações mais frequentes para As foram de 2,50 a 6,50 mg Kg⁻¹ (10 indivíduos), 3,50 a 15,4 mg kg⁻¹ para Cd (17 indivíduos), 0,05 a 0,08 mg kg⁻¹ para Cr (16 indivíduos), 3,50 a 19,7 mg kg⁻¹ para Cu (16 indivíduos), 0,10 a 0,50 mg Kg⁻¹ para Pb (22 indivíduos), de 3,10 a 4,95 mg kg⁻¹ para Mn (10 indivíduos), 0,60 a 1,50 mg kg⁻¹ para Mo (7 indivíduos), 55,5 a 71,1 mg kg⁻¹ para Zn (9 indivíduos), 0,05 a 0,43 mg kg⁻¹ para Ni (31 indivíduos), 0,05 a 0,10 mg kg⁻¹ para Ba (14 indivíduos), 0,01 a 0,60 mg kg⁻¹ para V (13 indivíduos) e 0,21 a 3,22 mg kg⁻¹ para Hg (29 indivíduos). Nestas distribuições podem ser considerados *outliers*, 1 indivíduo com concentração de As entre 136 a 190 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Cd entre 109 a 122 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Cr entre 0,33 a 0,36 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Cu entre 142 e 157 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Pb entre 31 e 34 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Mo entre 4,38 a 4,87 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Ni entre 3,46 a 3,83 mg kg⁻¹; Os possíveis *outliers* identificados foram de indivíduos coletados no trecho 12 (As, Pb, Zn e V), Trecho 7 (Cd, Cr e Ni), trecho 5 (Cu), ,trecho 8 (Mn) trecho 10 (Ba), e trecho 10 (Hg). Os possíveis *outliers* para As, Pb, Zn e V ocorreram no mesmo indivíduo (fêmea e estágio de desenvolvimento juvenil).

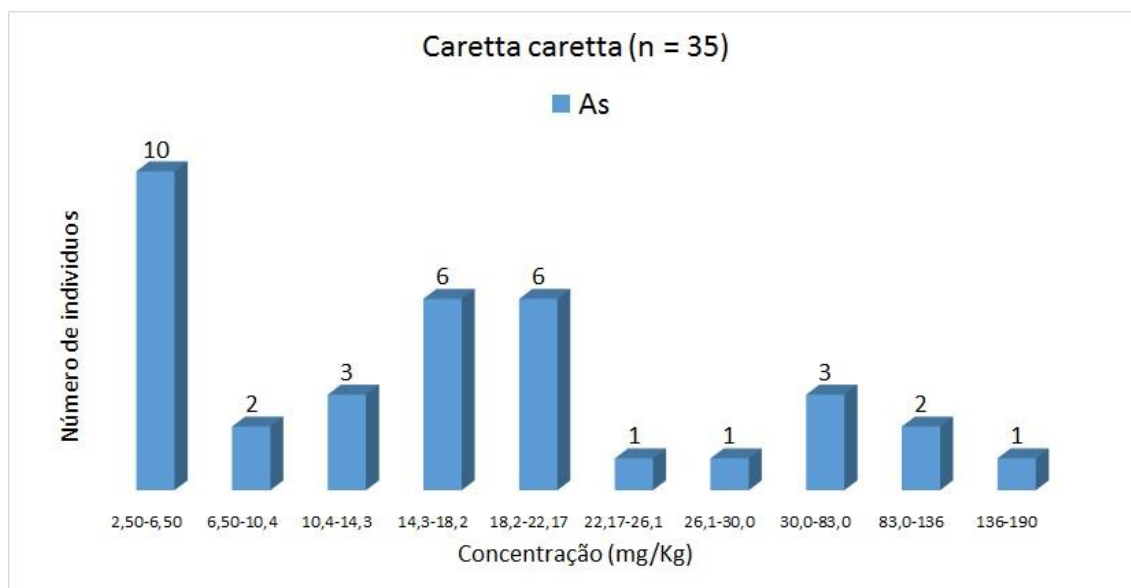


Figura VII.2.4-74 – Histograma de As (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 35), considerando o valor do LD.

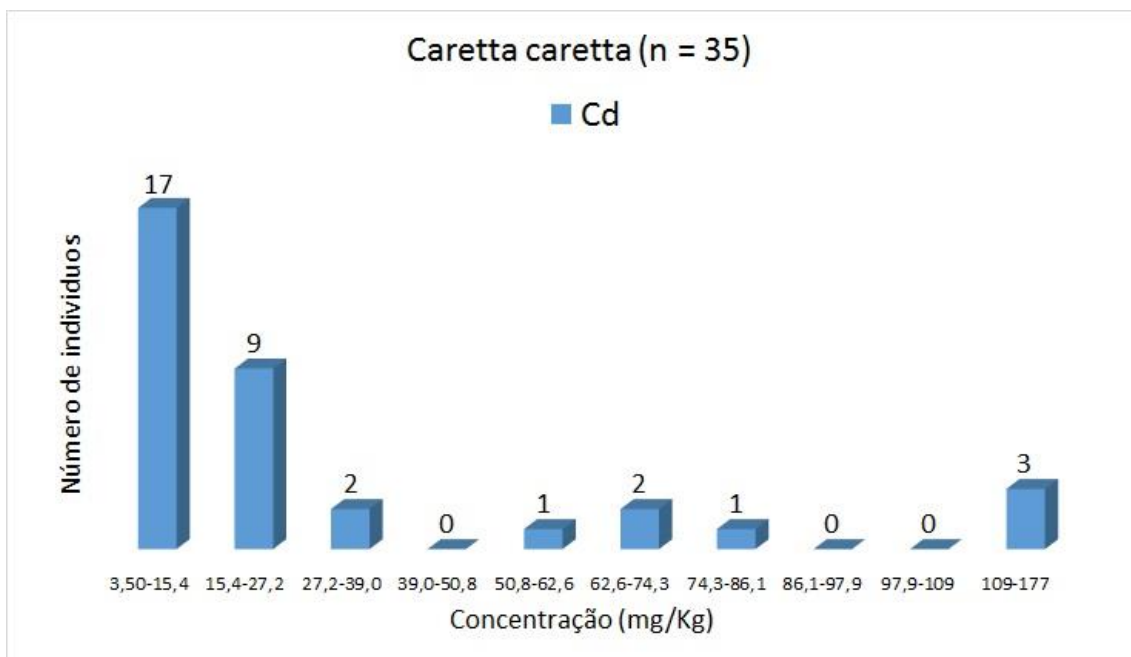


Figura VII.2.4-75 – Histograma de Cd (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 35), considerando o valor do LD.

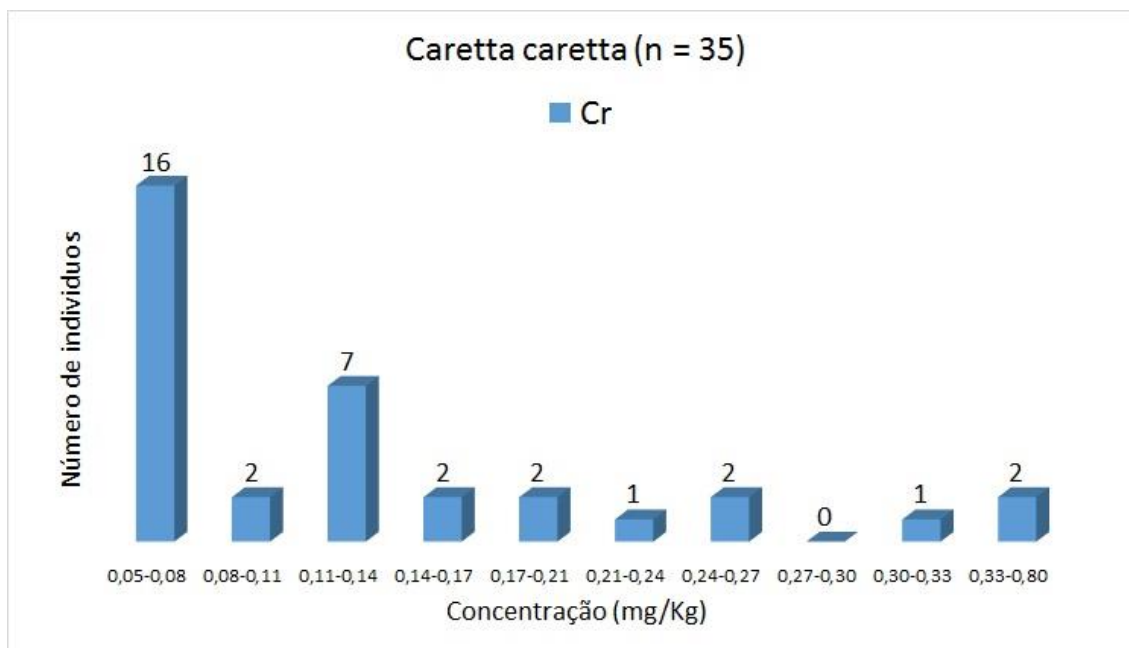


Figura VII.2.4-76 – Histograma de Cr (Caretta caretta) para elementos traço (n = 35), considerando o valor do LD.

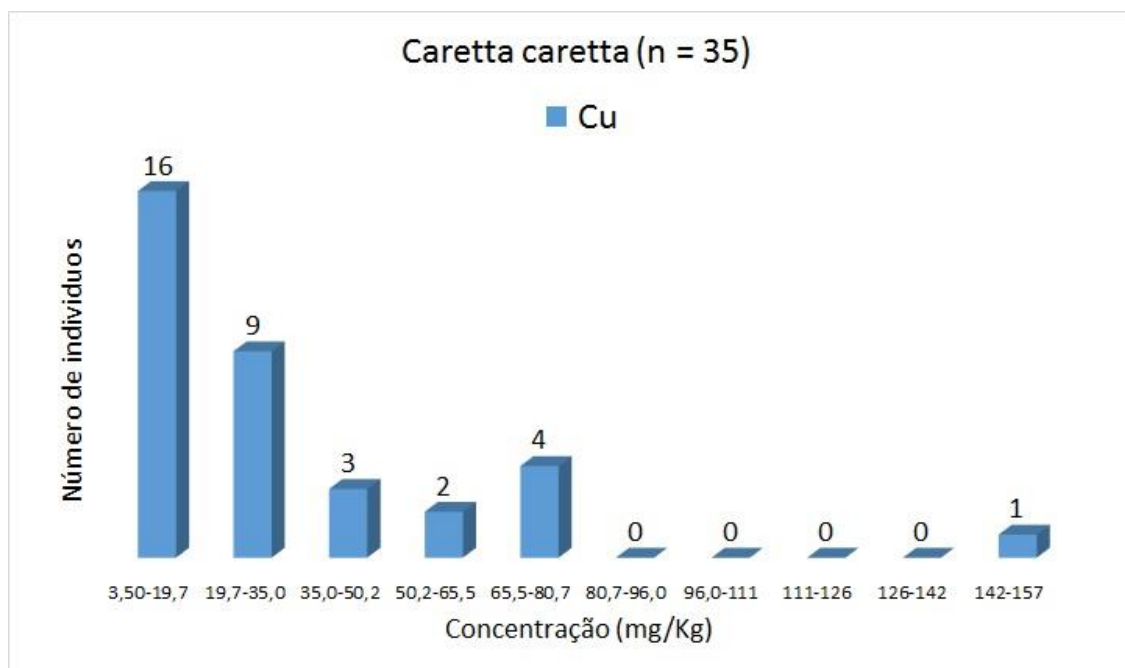


Figura VII.2.4-77 – Histograma de Cu (Caretta caretta) para elementos traço (n = 35), considerando o valor do LD.

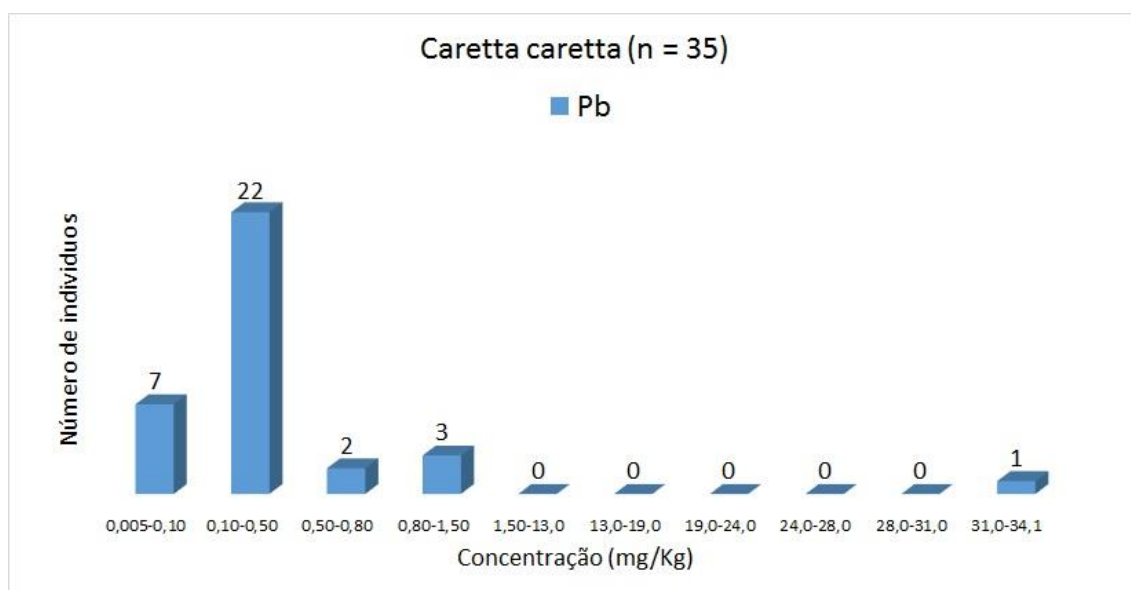


Figura VII.2.4-78 – Histograma de Pb (Caretta caretta) para elementos traço (n = 35), considerando o valor do LD.

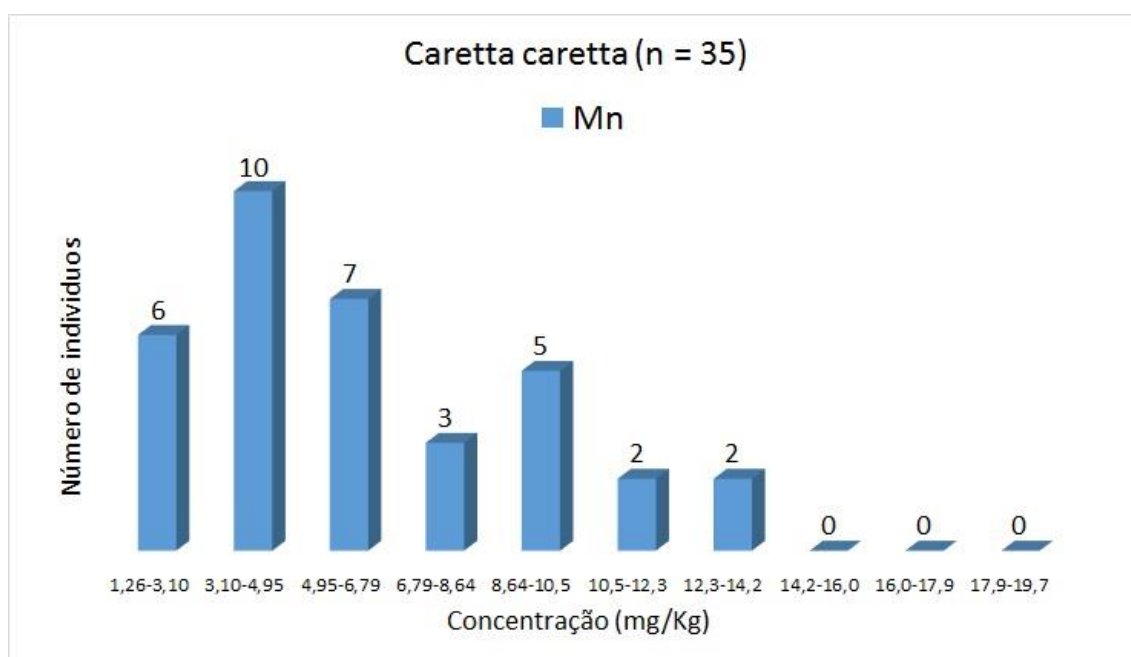


Figura VII.2.4-79 – Histograma de Mn (Caretta caretta) para elementos traço (n = 35), considerando o valor do LD.

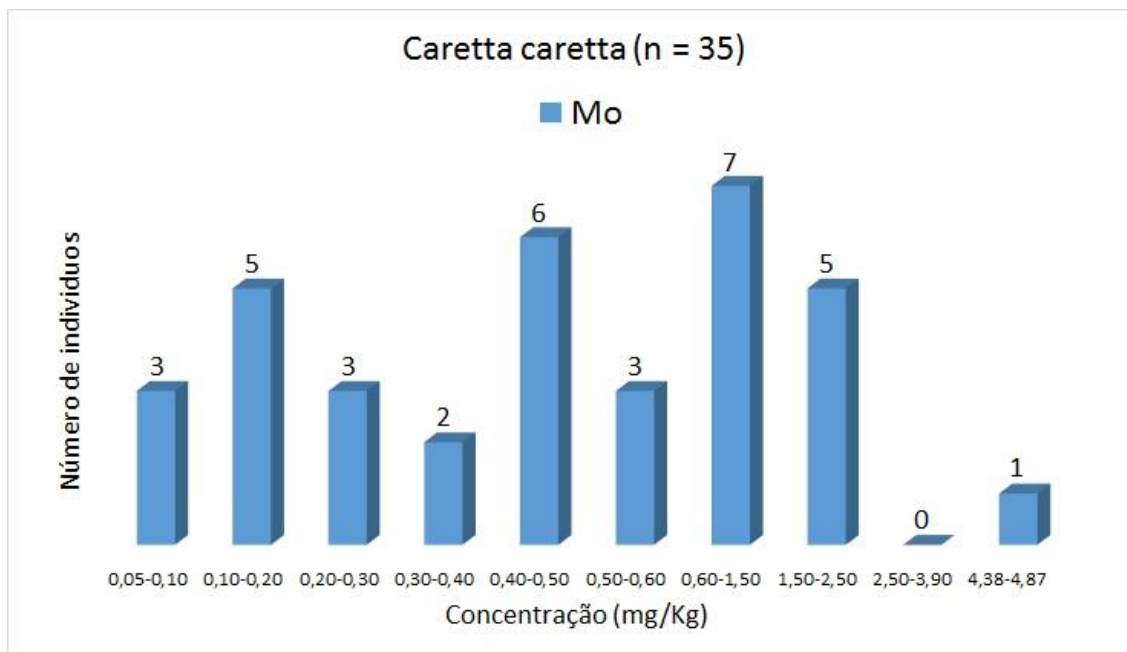


Figura VII.2.4-80 – Histograma de Mo (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 35) considerando o valor do LD.

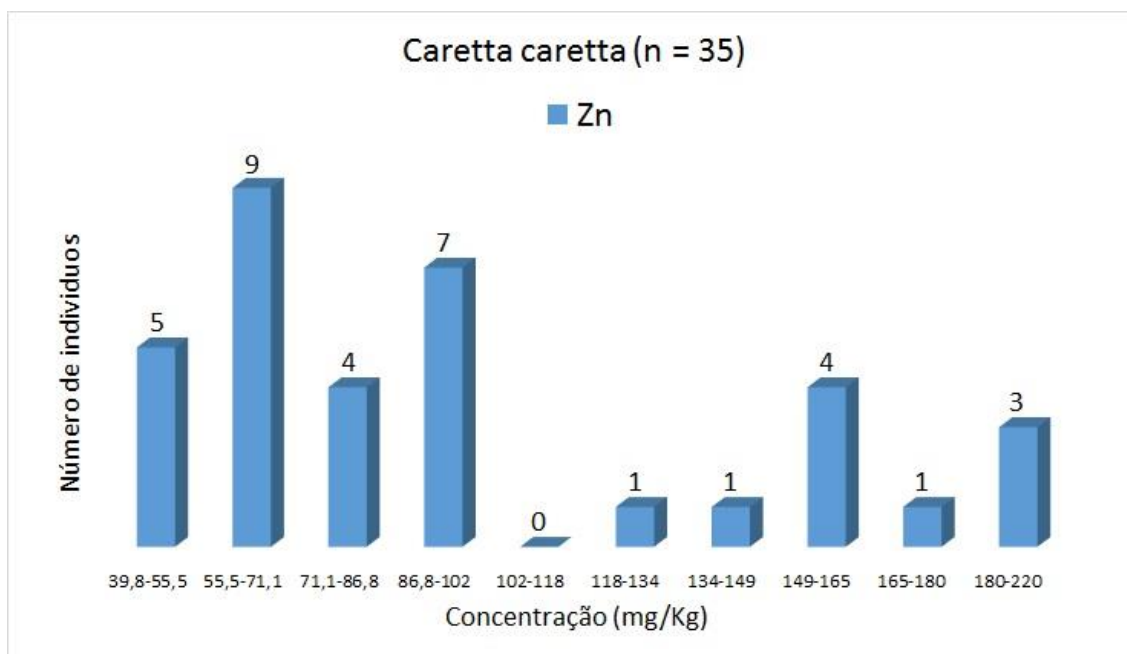


Figura VII.2.4-81 – Histograma de Zn (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 35), considerando o valor do LD.

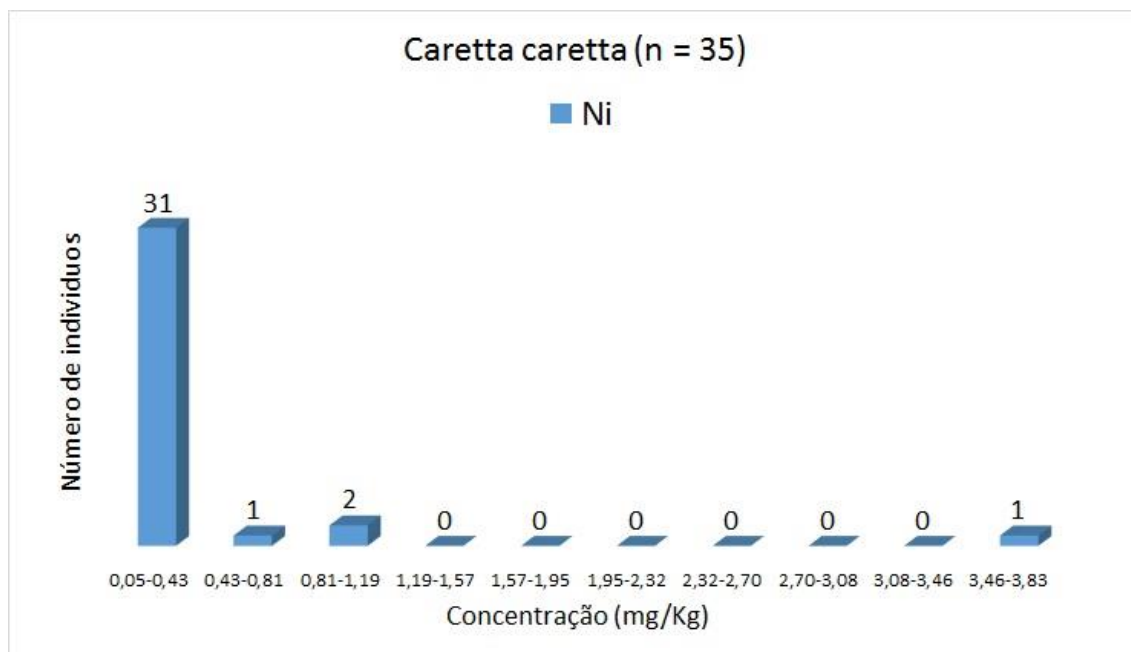


Figura VII.2.4-82 – Histograma de Ni (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 35), considerando o valor do LD.

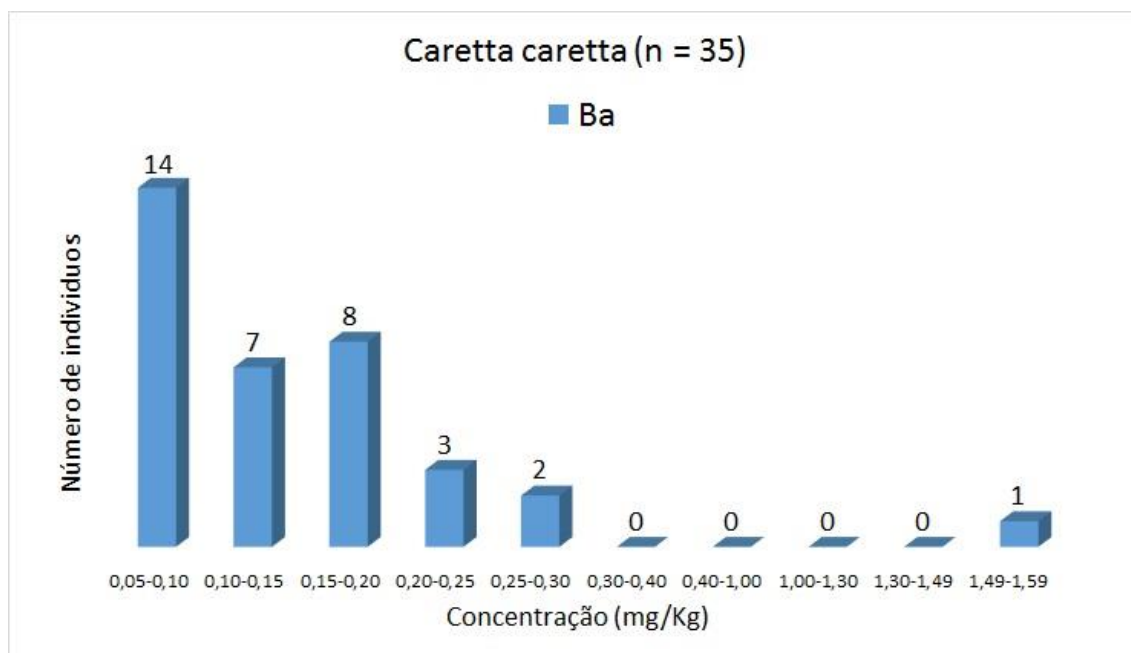


Figura VII.2.4-83 – Histograma de Ba (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 35), considerando o valor do LD.

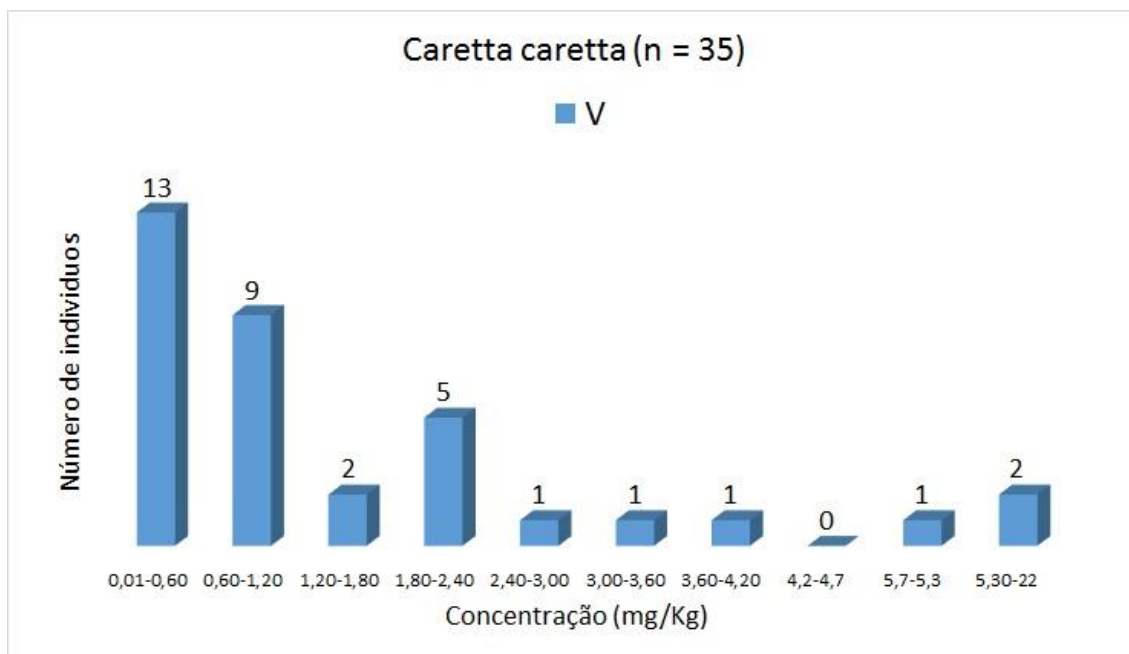


Figura VII.2.4-84 – Histograma de V (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 35), considerando o valor do LD.

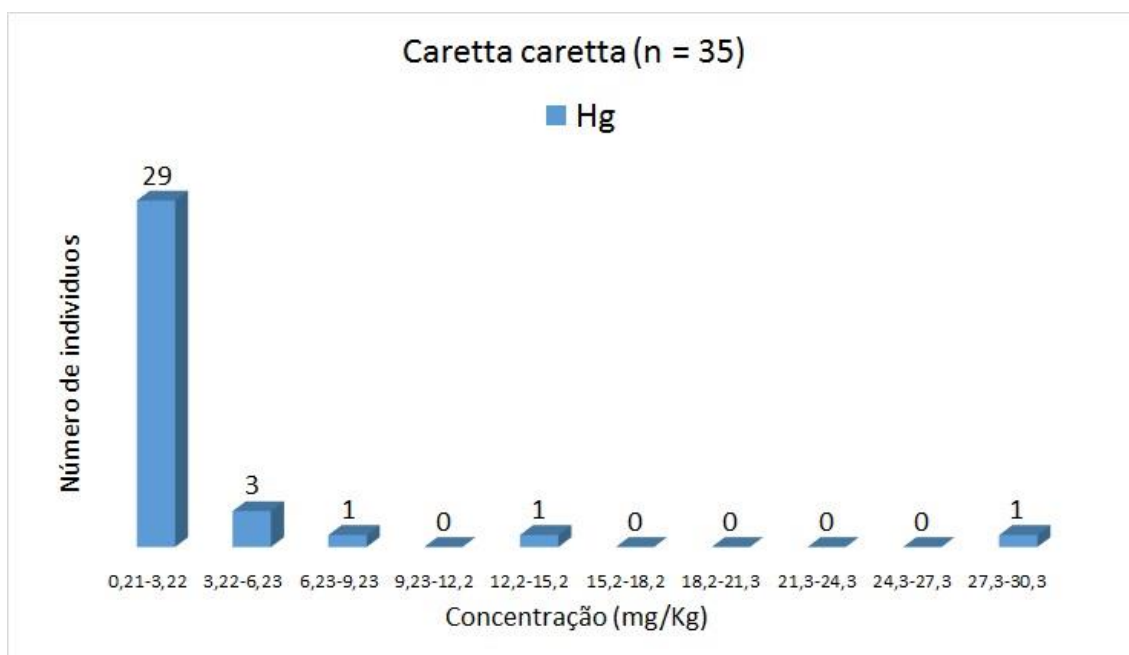


Figura VII.2.4-85 – Histograma de Hg (*Caretta caretta*) para elementos traço (n = 35), considerando o valor do LD.

Mamíferos Marinhos

Sotalia guianensis

Os histogramas da espécie *Sotalia guianensis* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 71) são apresentados nas Figura VII.2.4-86 a Figura VII.2.4-97, respectivamente. Os histogramas, assimétricos e, geralmente alinhados à esquerda, evidenciam que a distribuição dos dados é anormal. A distribuição dos dados de As, Cr, Cu, Zn, Ni, Ba e Hg são claramente distorcidas (à esquerda).

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,08 a 0,90 mg kg⁻¹ (56 indivíduos), 0,02 a 2,67 mg kg⁻¹ para Cd (66 indivíduos), < 0,10 mg kg⁻¹ para Cr (64 indivíduos), 5,0 a 148 mg kg⁻¹ para Cu (68 indivíduos), 0,01 a 0,05 mg kg⁻¹ para Pb (43 indivíduos), 6,96 a 9,57 mg kg⁻¹ e 9,57 a 12,2 mg kg⁻¹ para Mn (21 indivíduos para ambos os intervalos), 0,80 a 1,14 mg kg⁻¹ e 1,49 a 1,84 mg kg⁻¹ para Mo (15 e 17 indivíduos, respectivamente), 26 a 179 mg kg⁻¹ para Zn (52 indivíduos), < 0,10 mg kg⁻¹ para Ni (70 indivíduos), 0,05 a 0,06 mg kg⁻¹ para Ba (87 indivíduos), 0,01 a 0,16 mg kg⁻¹ para V (39 indivíduos) e de 0,20 a 28,5 mg kg⁻¹ para Hg (72 indivíduos). *Outliers* podem ser claramente sugeridos para As (7,43 a 8,25 mg kg⁻¹), Cd (23,6 a 26,6 mg kg⁻¹), Cu (1294 a 1438 mg kg⁻¹), Pb (0,29 a 0,41 mg kg⁻¹), Zn (1408 a 1555 mg kg⁻¹), Ni (11,3 a 12,8 mg kg⁻¹) e Hg (255 a 283 mg kg⁻¹). Os sugeridos *outliers* foram de indivíduos que ocorreram no trecho 6 (Zn), trecho 7 (As, Cd, Cu e Pb e Hg) e trecho 13 (Ni). Os possíveis *outliers* para As, Cd e Pb ocorreram no mesmo indivíduo (macho e estágio de desenvolvimento adulto).

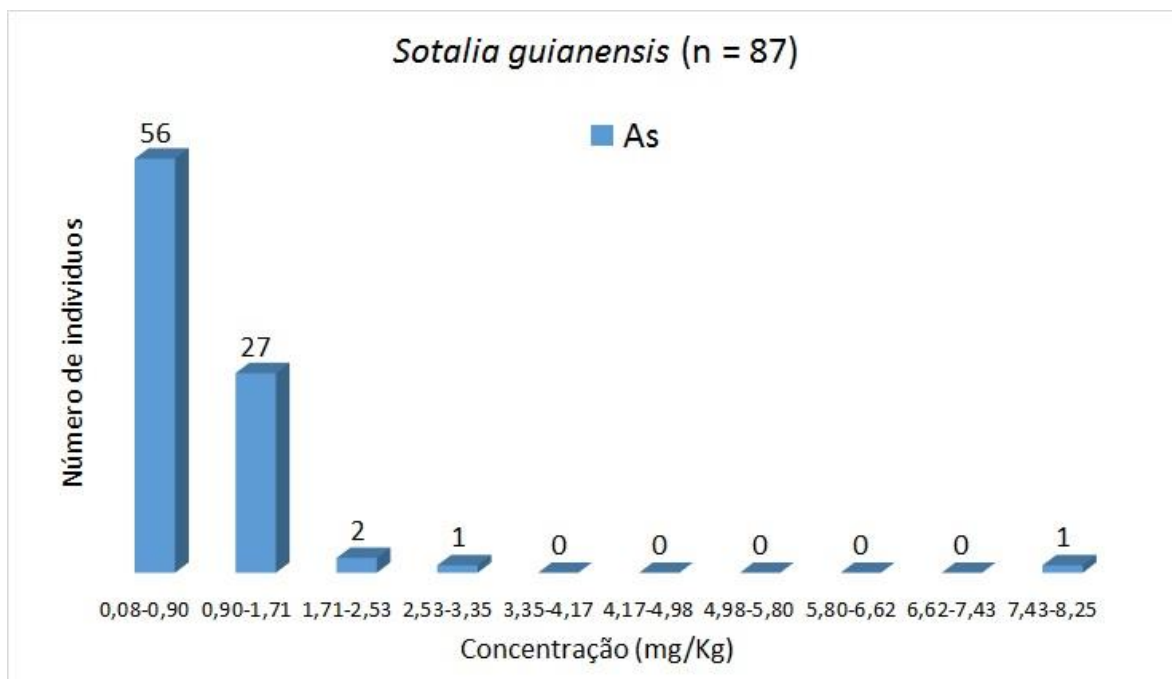


Figura VII.2.4-86 – Histograma de As (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 87), considerando o valor do LD.

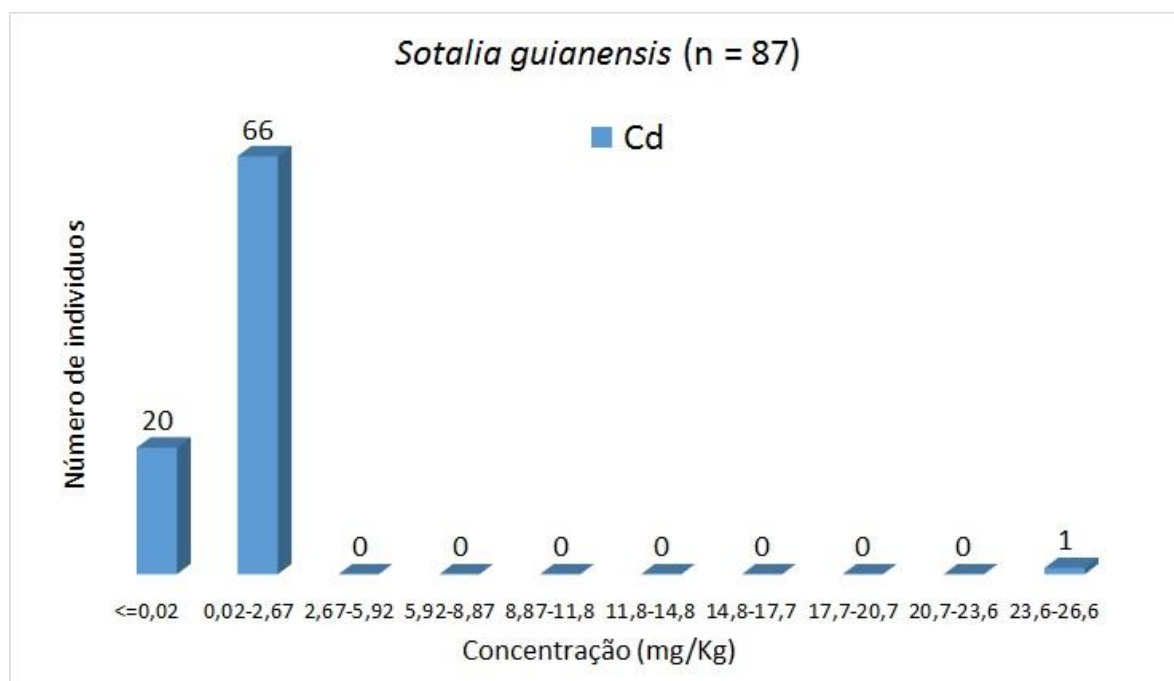


Figura VII.2.4-87 – Histograma de Cd (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 87), considerando o valor do LD.

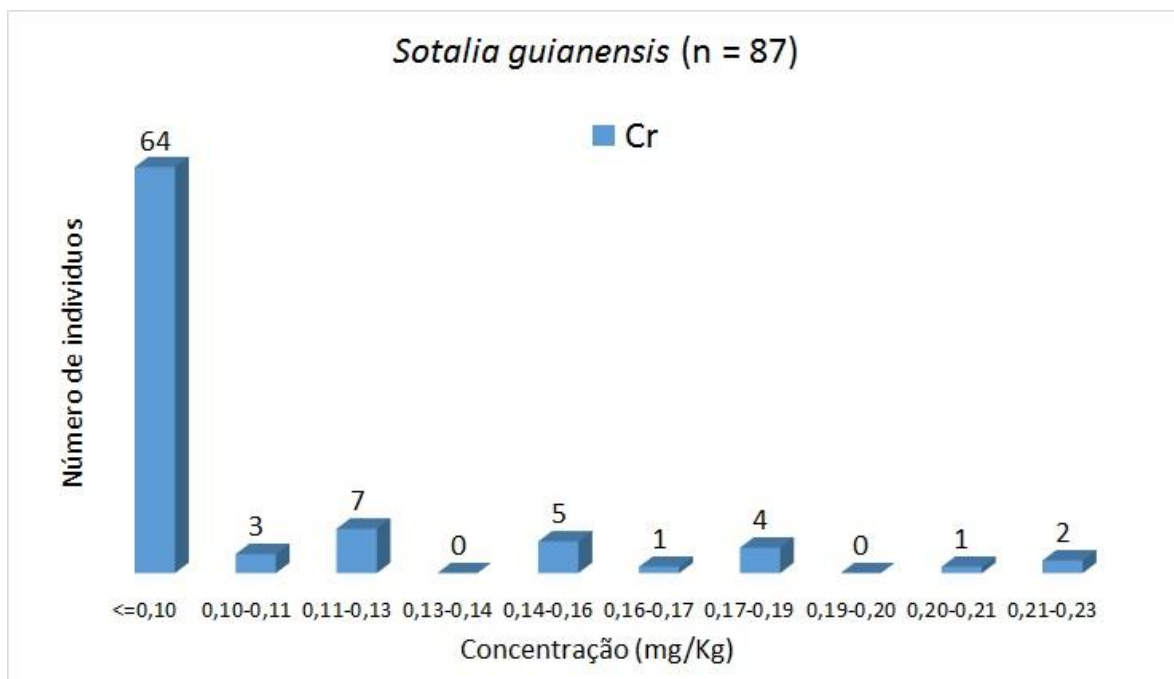


Figura VII.2.4-88 – Histograma de Cr (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 87), considerando o valor do LD.

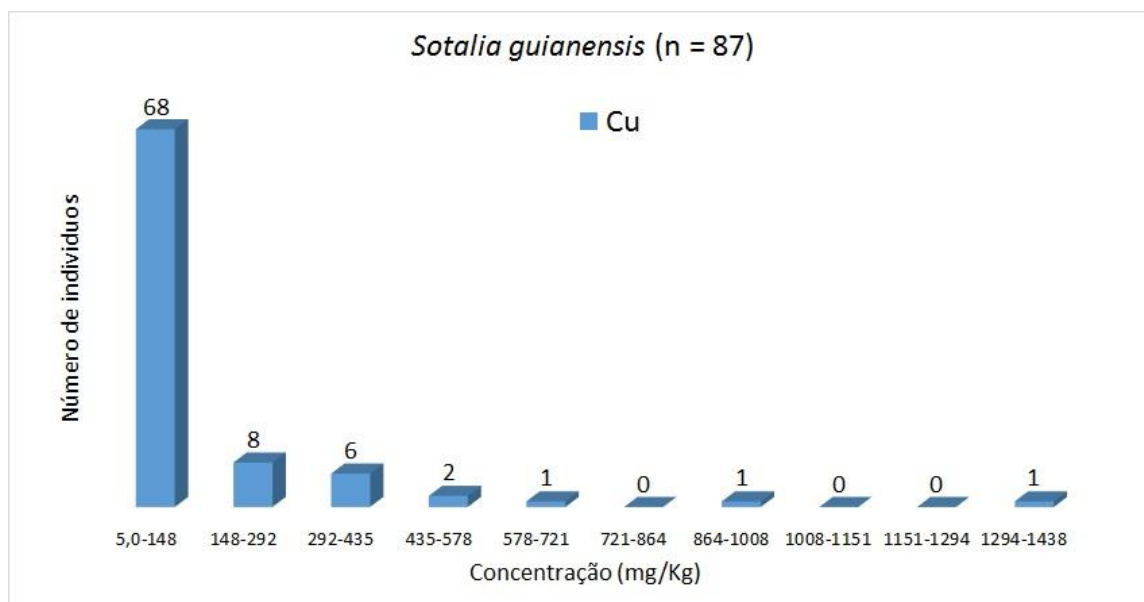


Figura VII.2.4-89 – Histograma de Cu (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 87), considerando o valor do LD.

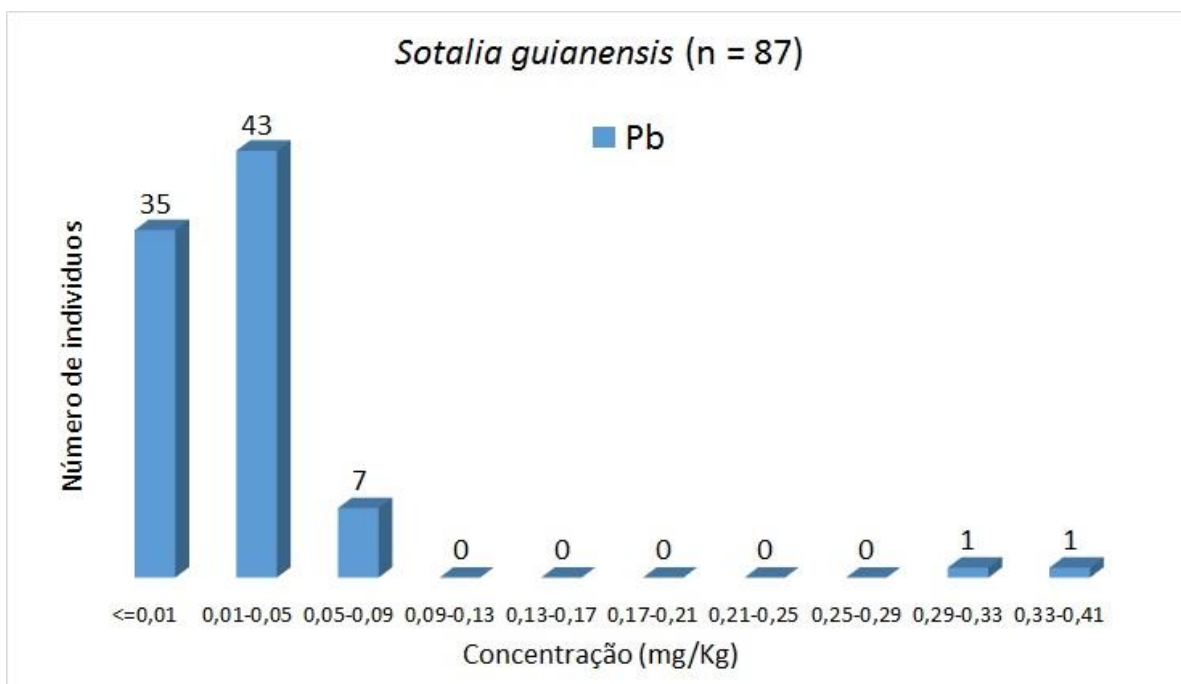


Figura VII.2.4-90 – Histograma de Pb (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 87), considerando o valor do LD.

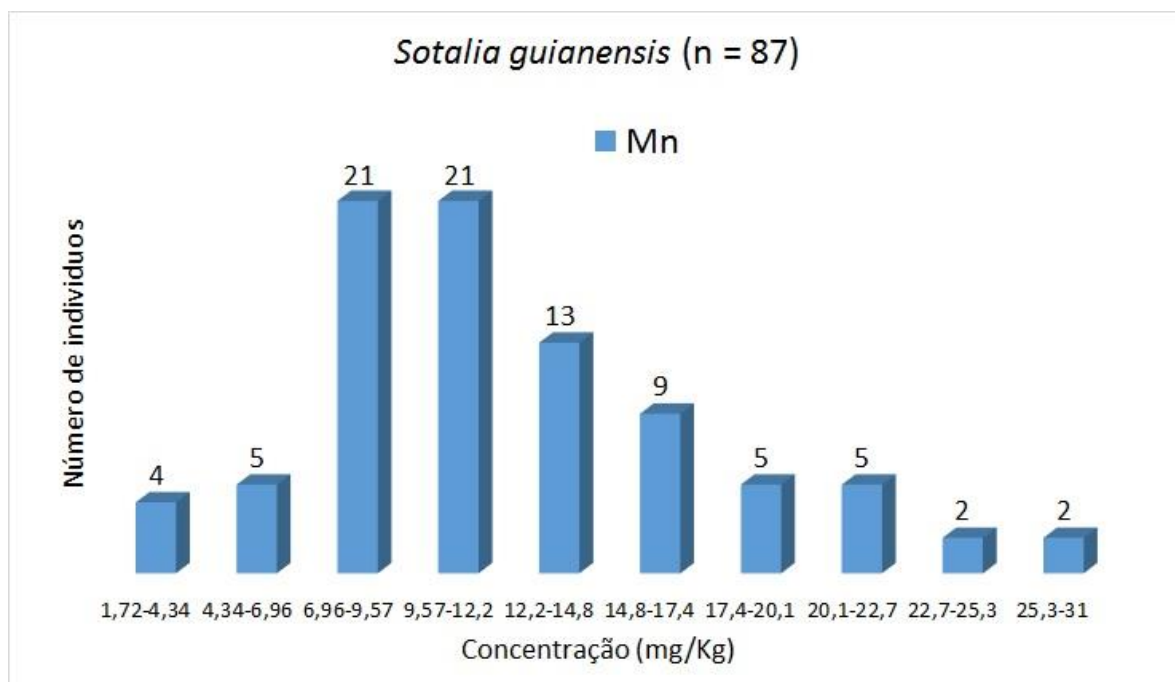


Figura VII.2.4-91 – Histograma de Mn (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 87), considerando o valor do LD.

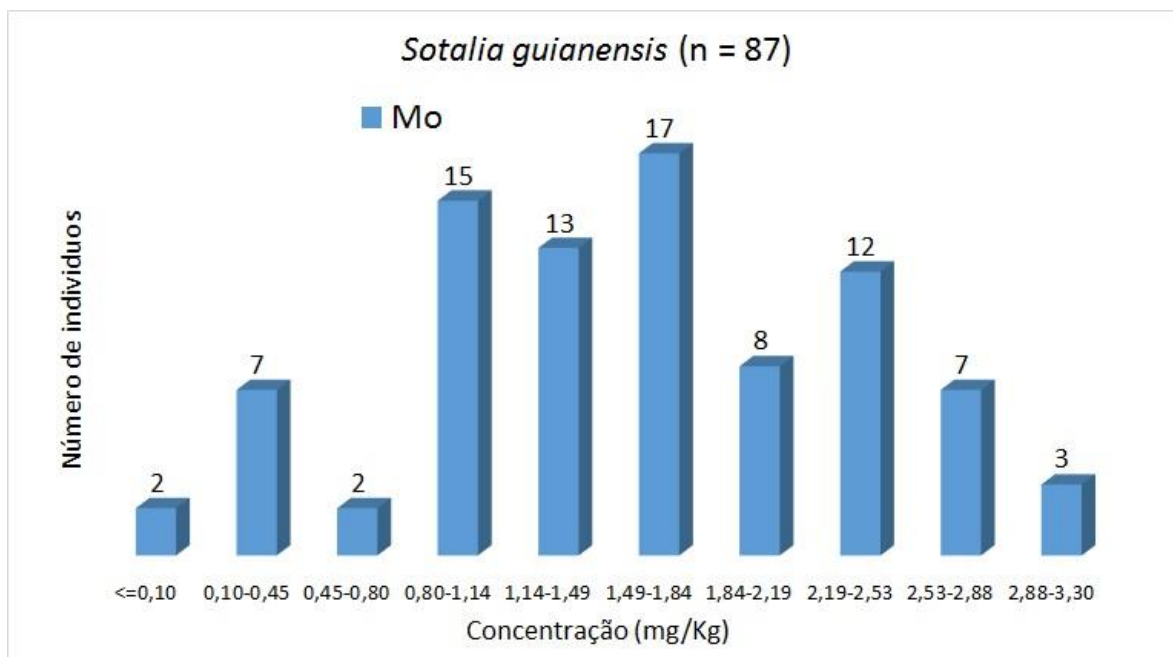


Figura VII.2.4-92 – Histograma de Mo (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 87), considerando o valor do LD.

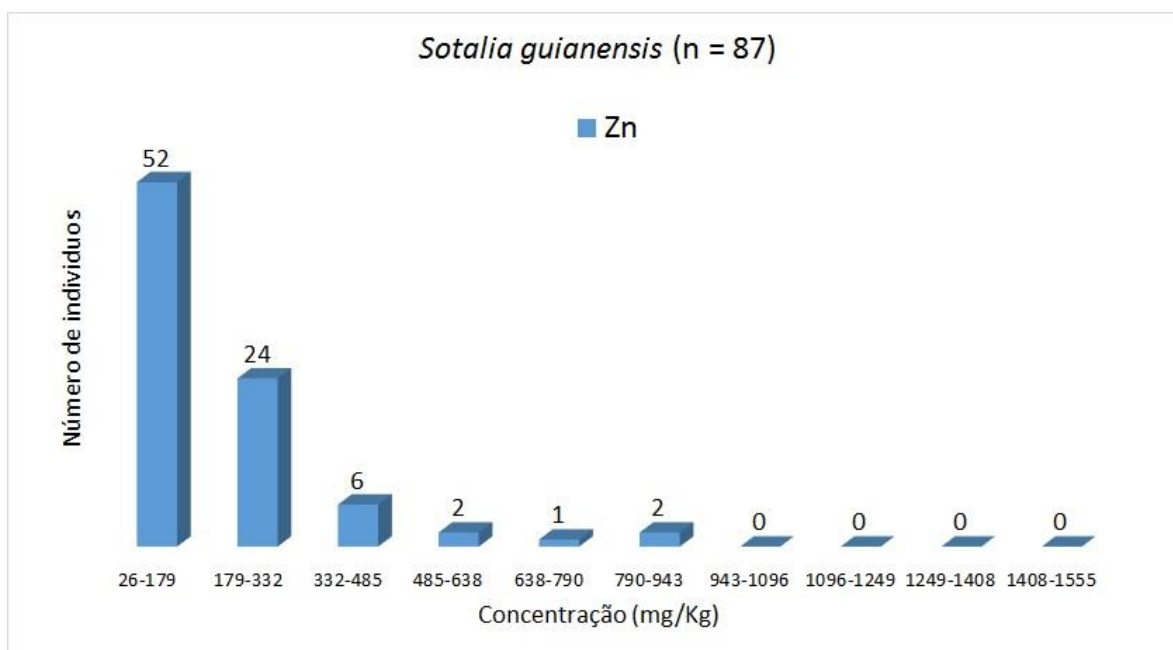


Figura VII.2.4-93 – Histograma de Zn (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 87), considerando o valor do LD.

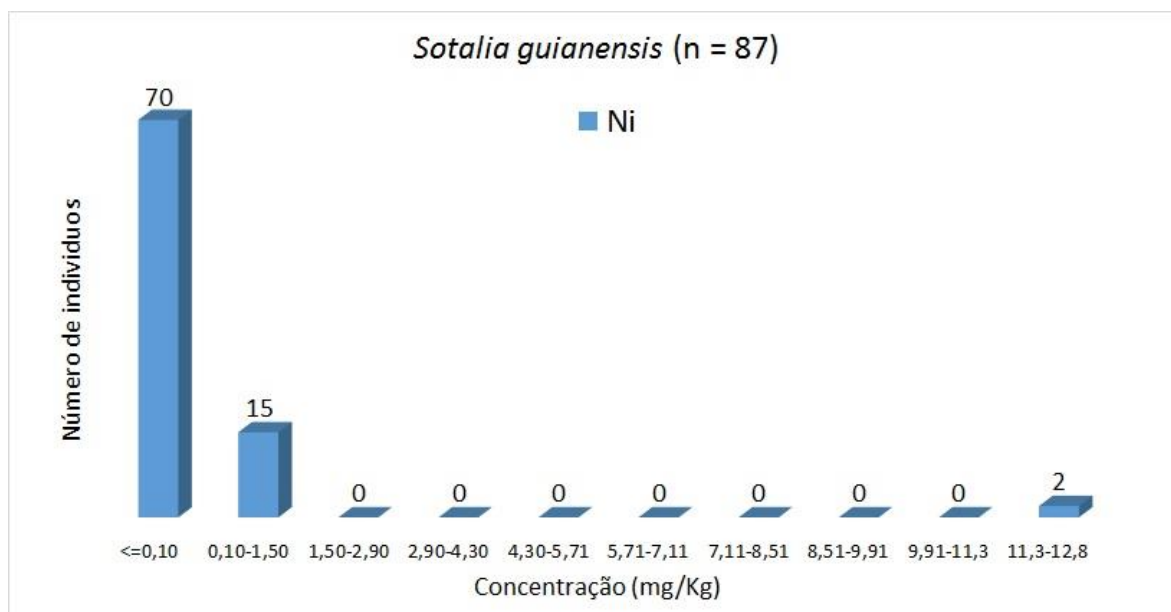


Figura VII.2.4-94 – Histograma de Ni (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 87), considerando o valor do LD.

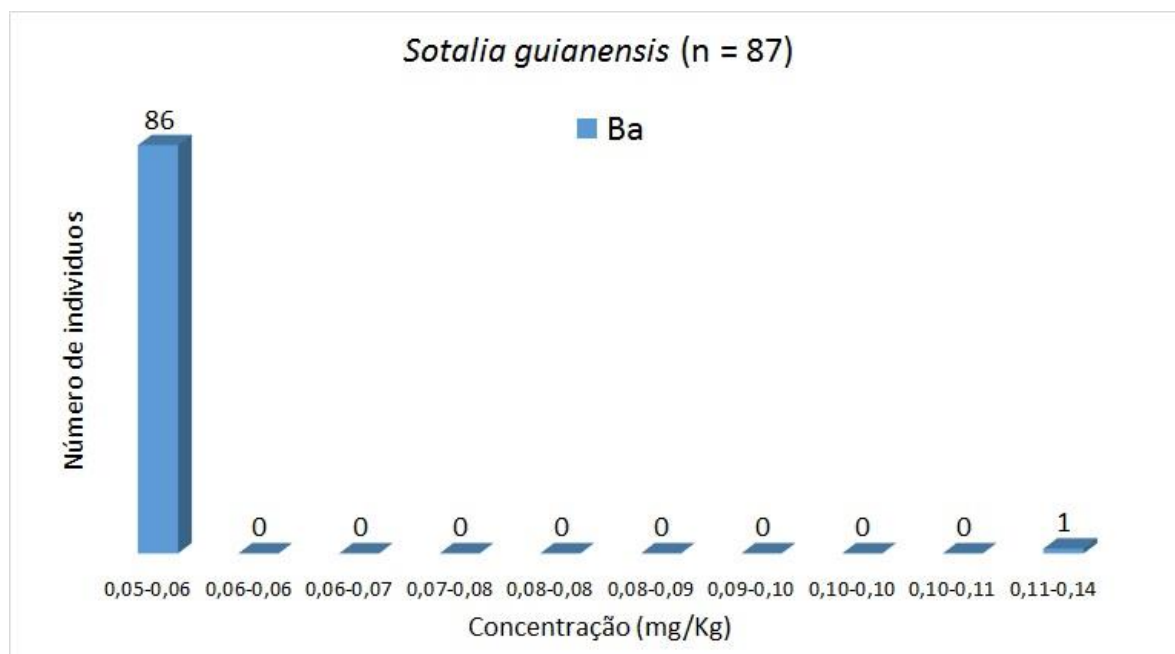


Figura VII.2.4-95 – Histograma de Ba (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 87), considerando o valor do LD.

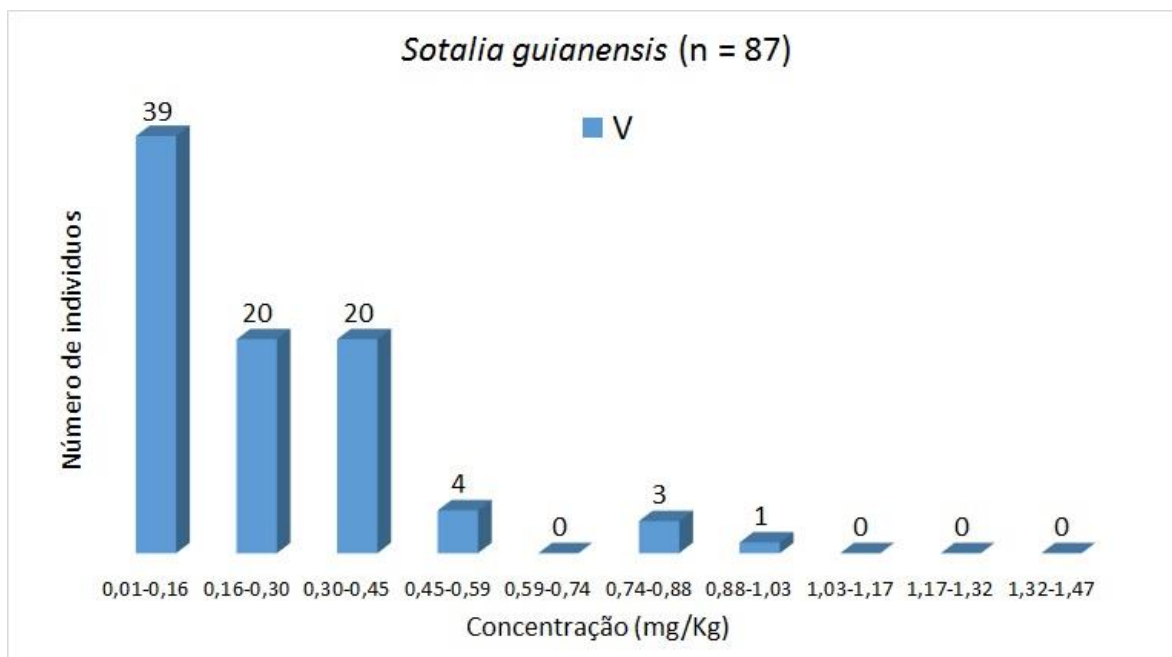


Figura VII.2.4-96 – Histograma de V (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 87), considerando o valor do LD.

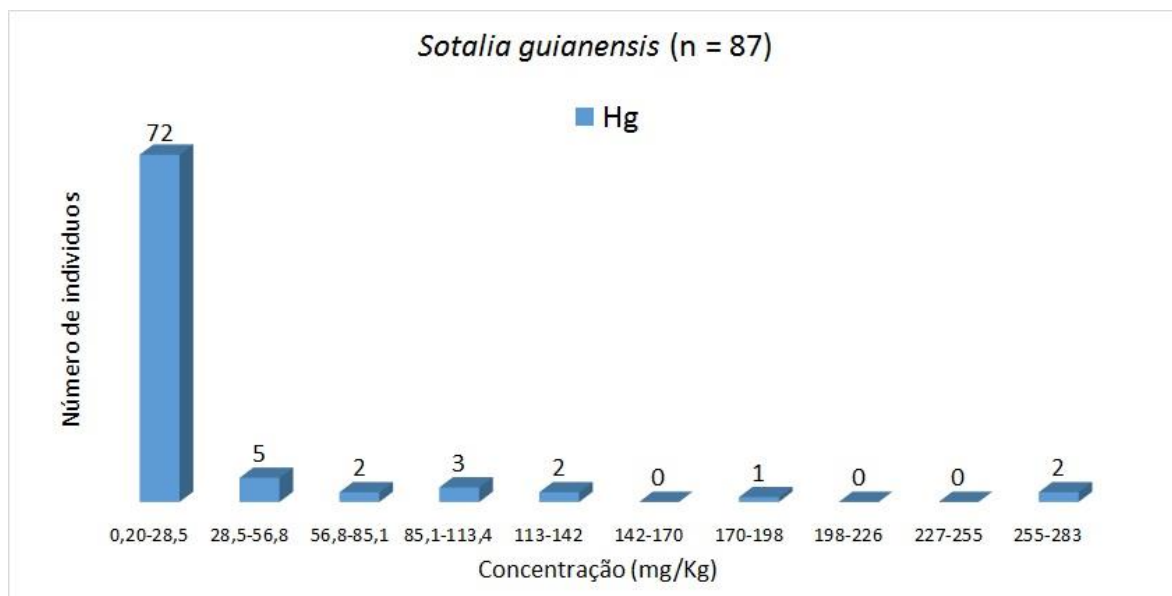


Figura VII.2.4-97 – Histograma de Hg (*Sotalia guianensis*) para elementos traço (n = 87), considerando o valor do LD.

Pontoporia blainvillei

Da Figura VII.2.4-97 a Figura VII.2.4-108) mostram os histogramas da espécie *Pontoporia blainvillei* para As, Cd, Cr, Cu Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 100), respectivamente. Para a grande maioria dos elementos, os histogramas mostram-se assimétricos, alguns totalmente alinhados à esquerda, outros aparentemente multimodais e, conseqüentemente, sugerem que os dados não estão distribuídos normalmente.

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,15 a 0,51 mg kg⁻¹ (31 indivíduos), <0,02 mg kg⁻¹ para Cd (46 indivíduos), <0,10 mg kg⁻¹ para Cr (64 indivíduos), 4,6 a 45,2 mg kg⁻¹ para Cu (63 indivíduos), <0,01 mg kg⁻¹ para Pb (54 indivíduos), 11,0 a 12,9 mg kg⁻¹ e 14,8 a 16,7 mg kg⁻¹ para Mn (16 e 17 indivíduos, respectivamente), 0,10 a 0,68 mg kg⁻¹ para Mo (34 indivíduos), 100 a 167 mg kg⁻¹ para Zn (54 indivíduos), <0,10 mg kg⁻¹ para Ni (91 indivíduos), <0,10 mg kg⁻¹ para Ba (97 indivíduos), 0,02 a 0,31mg kg⁻¹ para V (56 indivíduos) e 0,30 a 3,70 mg kg⁻¹ para Hg (80 indivíduos). *Outliers* podem ser sugeridos para Cd (7,74 a 8,60mg kg⁻¹), Cr (0,21 a 0,23mg kg⁻¹), Ni (0,21 a 0,25mg kg⁻¹), Ba (0,62 a 0,69 mg kg⁻¹). Os possíveis *outliers* foram de indivíduos que ocorreram no trecho 1 (Cd e Ni), trecho 7 (Ba) e no trecho 5 (Cr) e trecho 8 Ni).

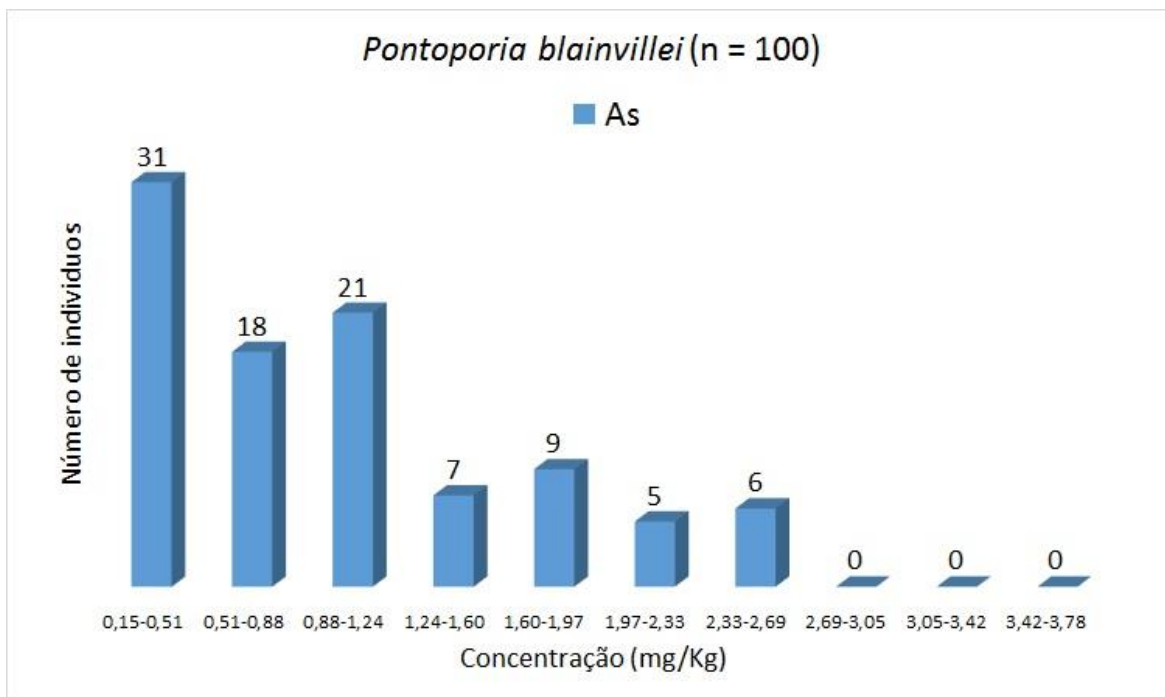


Figura VII.2.4-98 – Histograma de As (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 100), considerando o valor do LD.

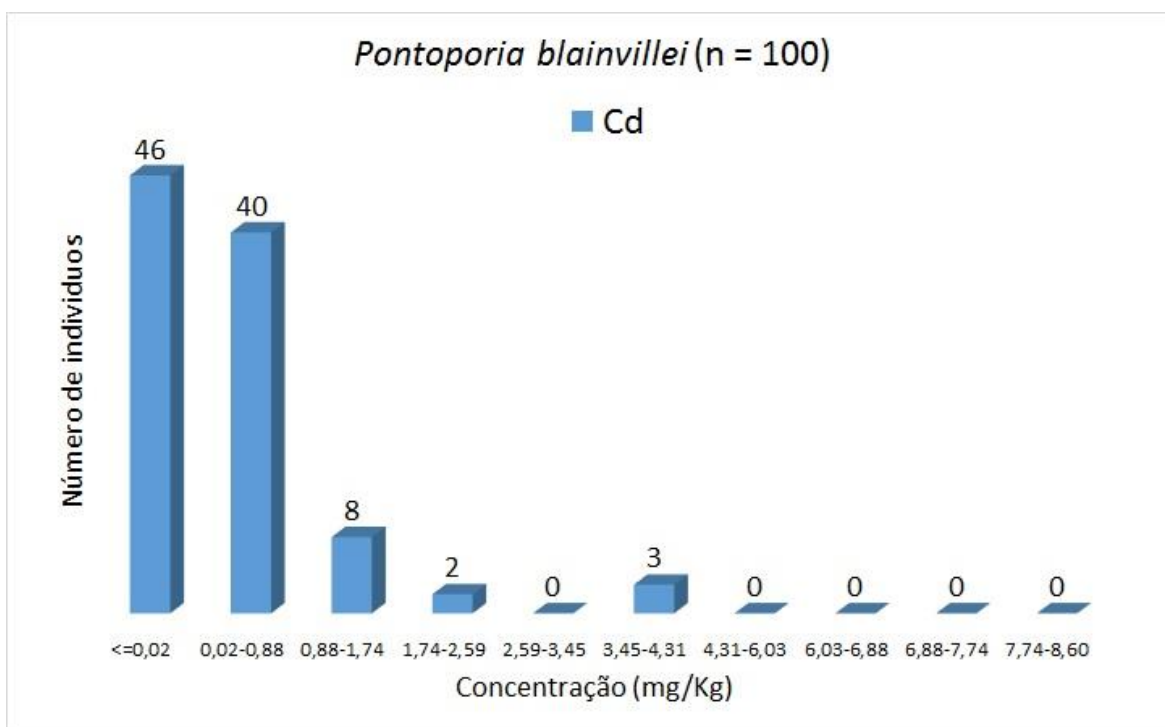


Figura VII.2.4-99 – Histograma de Cd (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 100), considerando o valor do LD.

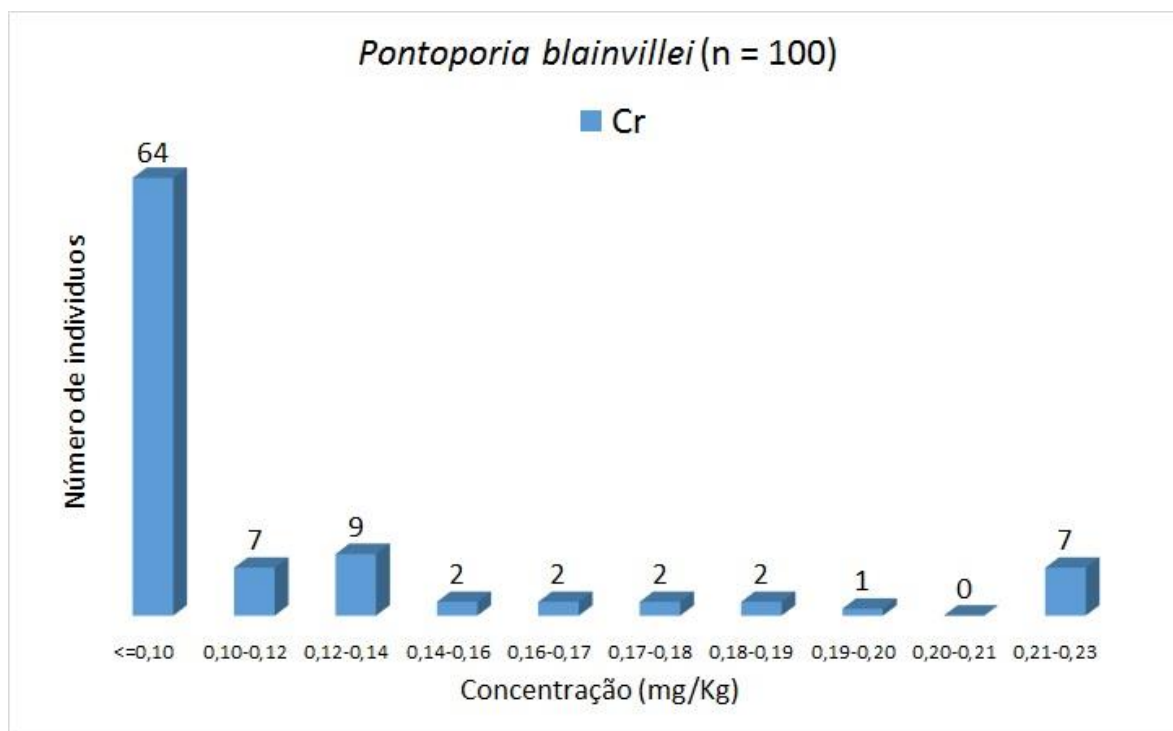


Figura VII.2.4-100 – Histograma de Cr (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 100), considerando o valor do LD.

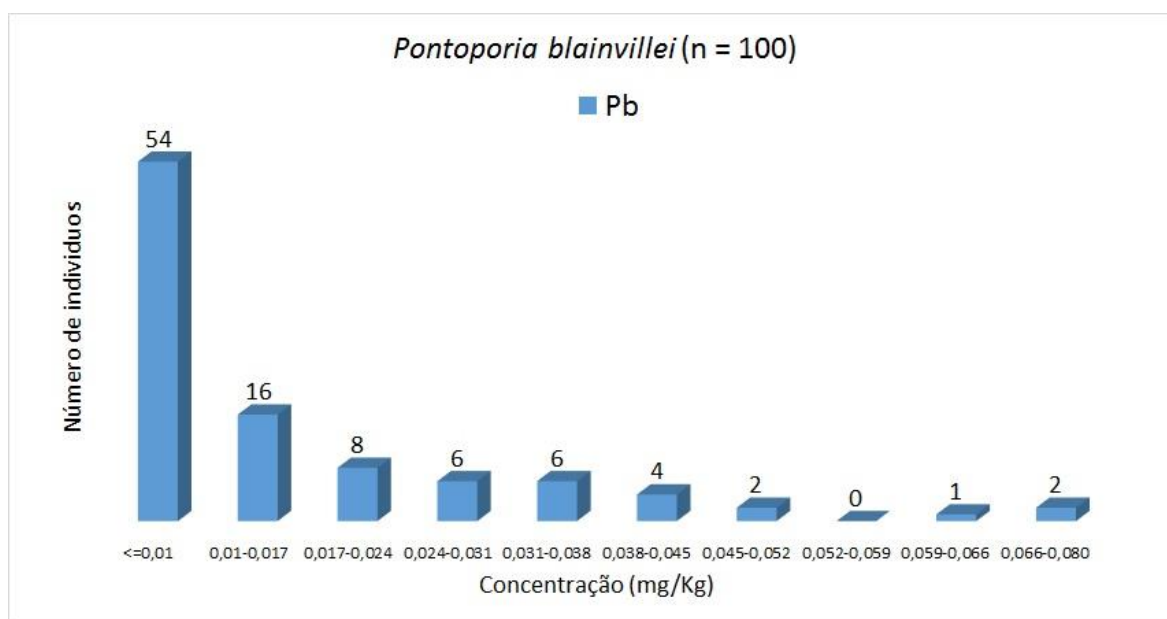


Figura VII.2.4-101 – Histograma de Pb (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 100), considerando o valor do LD.

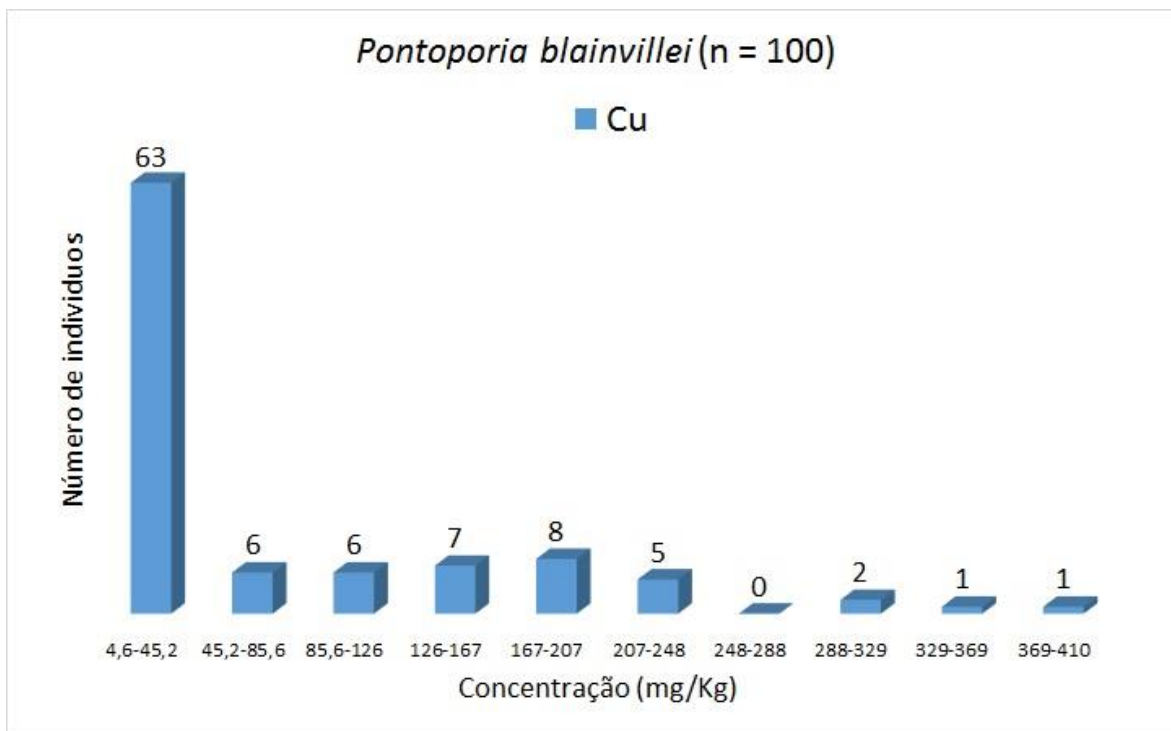


Figura VII.2.4-102 – Histograma de Cu (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 100), considerando o valor do LD.

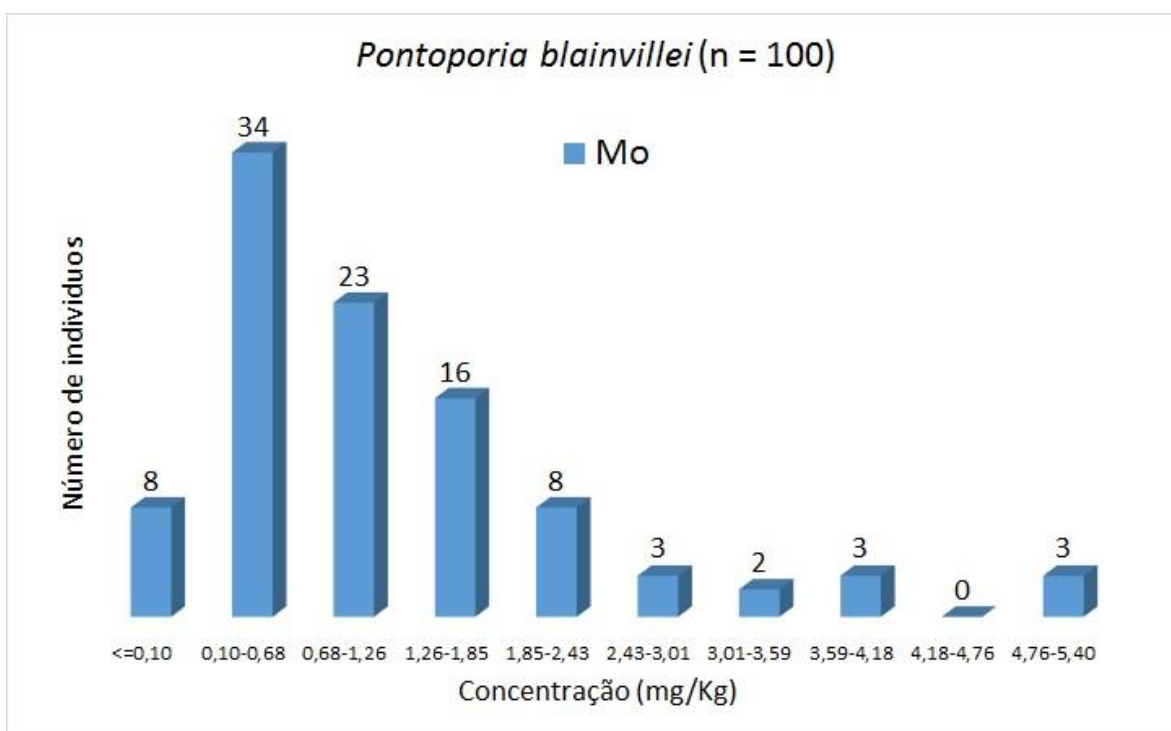


Figura VII.2.4-103 – Histograma de Mo (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 100), considerando o valor do LD.

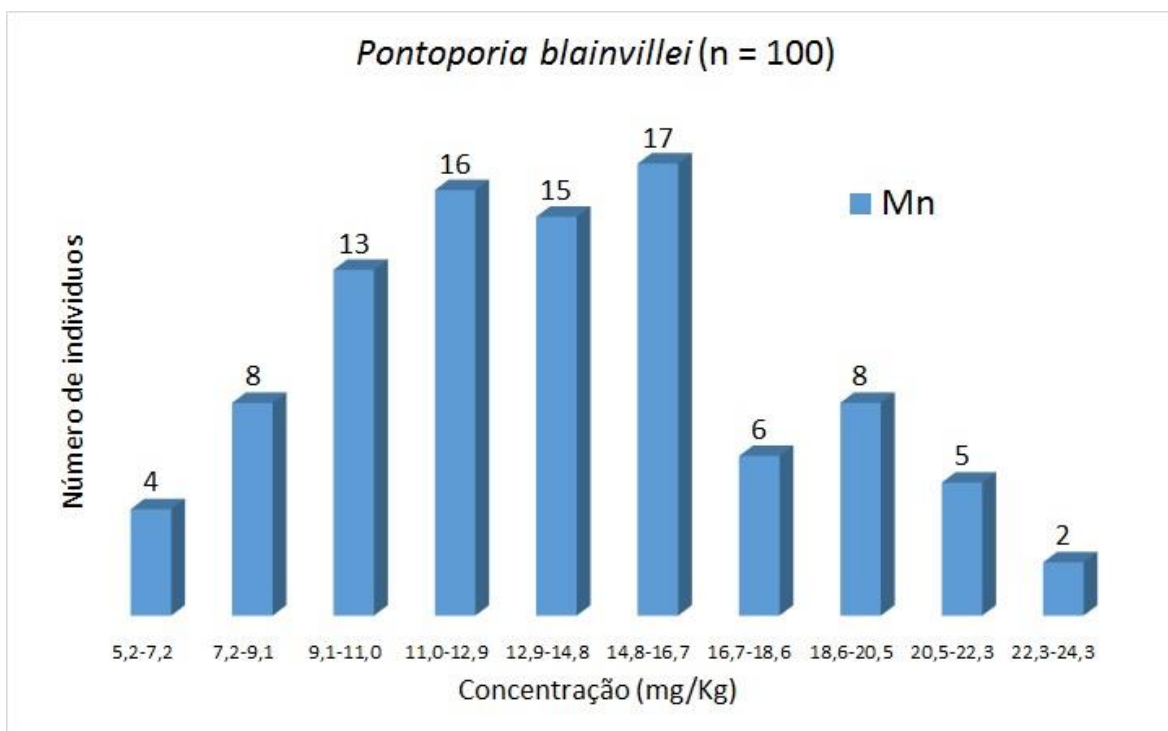


Figura VII.2.4-104 – Histograma de Mn (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 100), considerando o valor do LD.

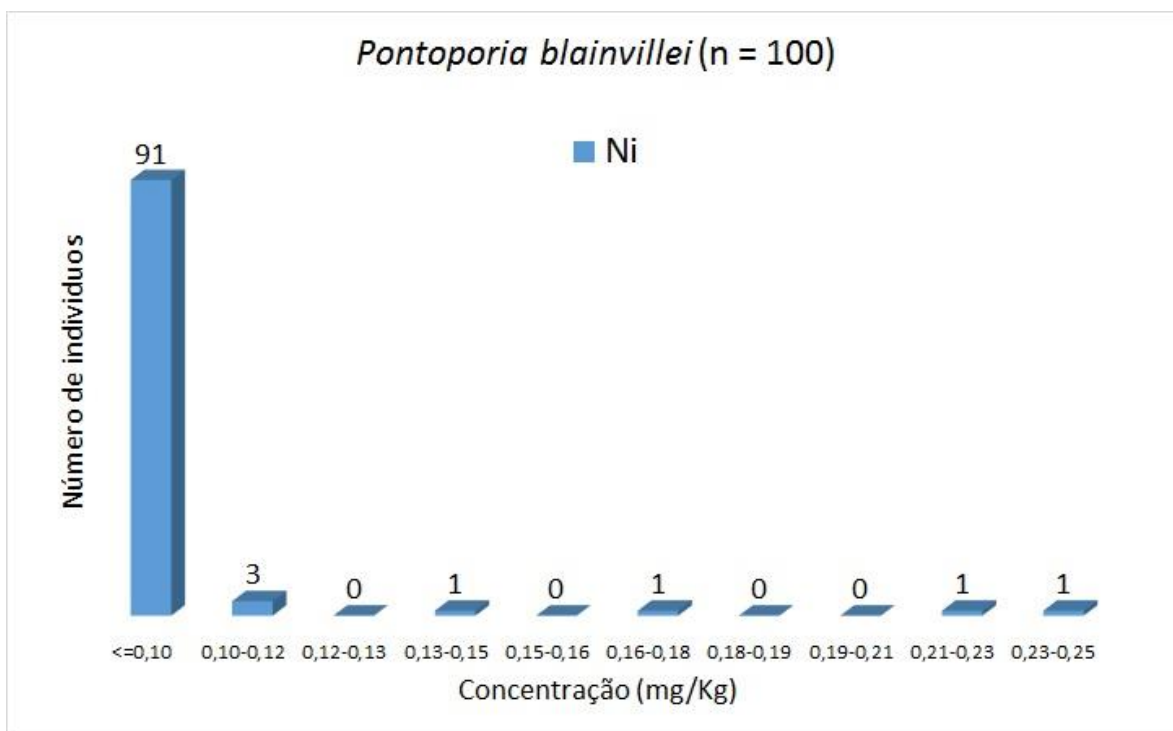


Figura VII.2.4-105 – Histograma de Ni (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 100), considerando o valor do LD.

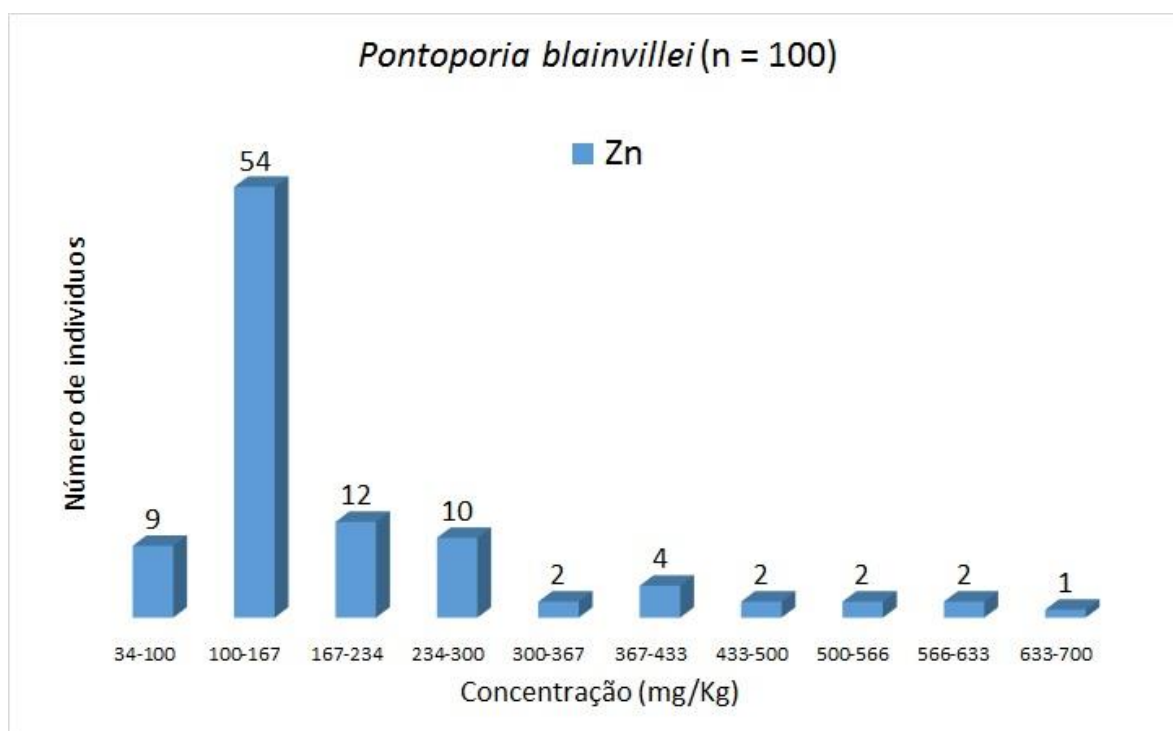


Figura VII.2.4-106 – Histograma de Zn (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 100), considerando o valor do LD.

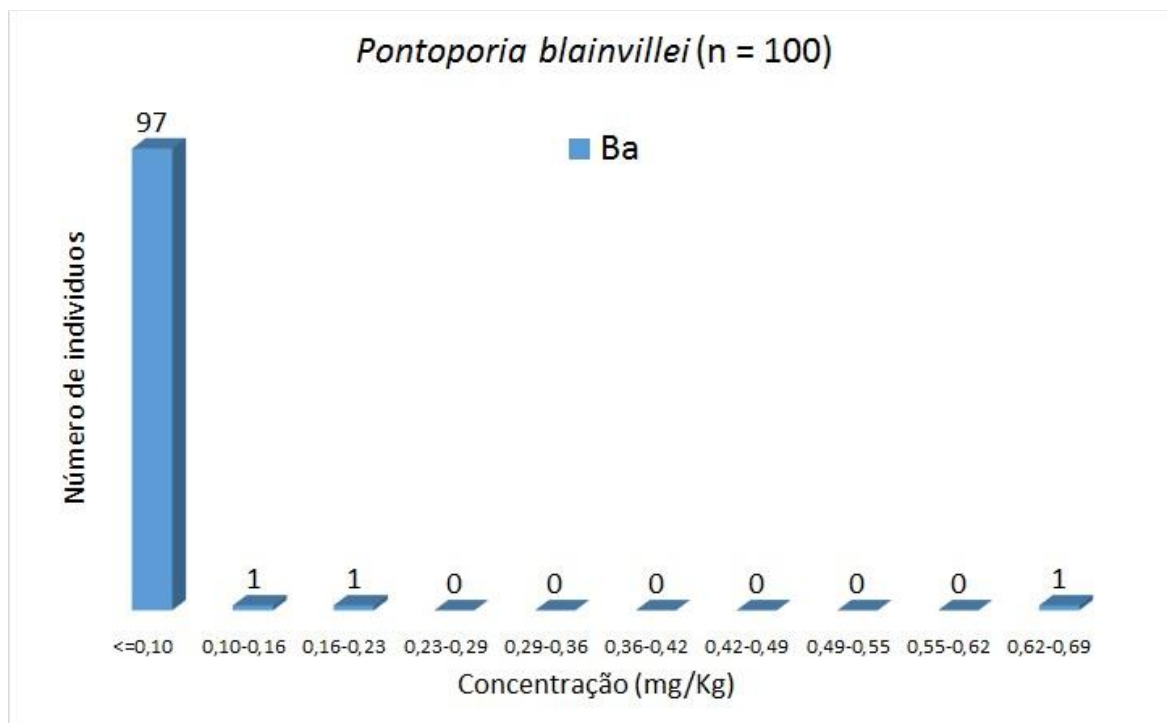


Figura VII.2.4-107 – Histograma de Ba (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 100), considerando o valor do LD.

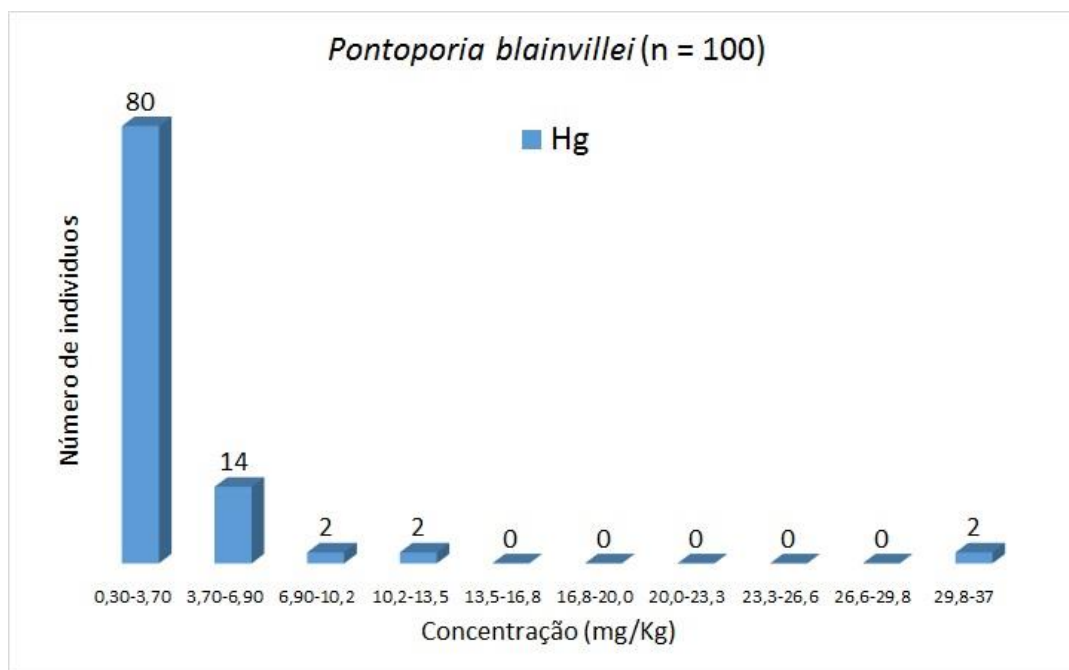


Figura VII.2.4-108 – Histograma de Hg (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 100), considerando o valor do LD.

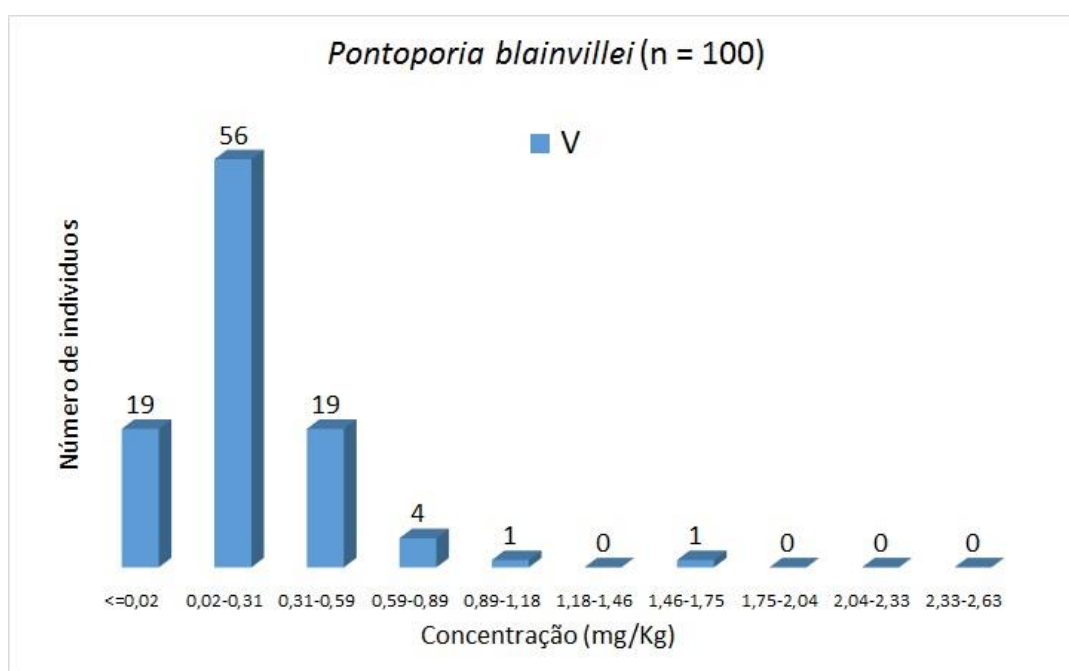


Figura VII.2.4-109 – Histograma de V (*Pontoporia blainvillei*) para elementos traço (n = 100), considerando o valor do LD.

Arctocephalus australis

As Figuras (Figura VII.2.4-110 a Figura VII.2.4-121) mostram os histogramas da espécie *Arctocephalus australis* para As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg (n = 28), respectivamente. Geralmente alinhados à esquerda ou multimodais evidenciam que a distribuição dos dados é anormal.

As concentrações mais frequentes para As foram de 0,30 a 0,84 mg Kg⁻¹ e 0,84 a 1,38 mg Kg⁻¹ (10 e 9 indivíduos, respectivamente), 0,0 a 18,0 mg kg⁻¹ para Cd (12 indivíduos), <0,10 mg kg⁻¹ para Cr (22 indivíduos), 44 a 62,1 mg kg⁻¹ para Cu (10 indivíduos), 0,01 a 0,02 mg Kg⁻¹ e 0,02 a 0,03 mg Kg⁻¹ para Pb (6 indivíduos cada), 21,0 a 24,0 mg kg⁻¹ para Mn (5 indivíduos), 1,4 a 1,8 mg kg⁻¹ e 1,8 a 2,2 mg kg⁻¹ para Mo (7 e 8 indivíduos, respectivamente), de 120 a 145 mg kg⁻¹ para Zn (6 indivíduos), <0,10 mg kg⁻¹ para Ni (22 indivíduos), 0,05 mg kg⁻¹ para Ba (28 indivíduos), 0,2 a 0,5 mg kg⁻¹ para V (14 indivíduos) e 0,5 a 6,8 mg kg⁻¹ para Hg (7 indivíduos). Nestas distribuições podem ser considerados *outliers*, 1 indivíduo com concentração de As entre 5,16 a 5,70 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Cd entre 161 a 179 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Cr entre 0,18 a 0,20 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Mo entre 4,5 a 4,9 mg kg⁻¹; 1 indivíduo com concentração de Ni entre 3,4 a 3,9 mg kg⁻¹; Os possíveis *outliers* identificados foram de indivíduos coletados no trecho 1 (Cd), trecho 3 (Cr), trecho 4 (As e Mo) e trecho 15 (Ni). Os possíveis *outliers* para As e Mo ocorreram no mesmo indivíduo (macho e estágio de desenvolvimento adulto).

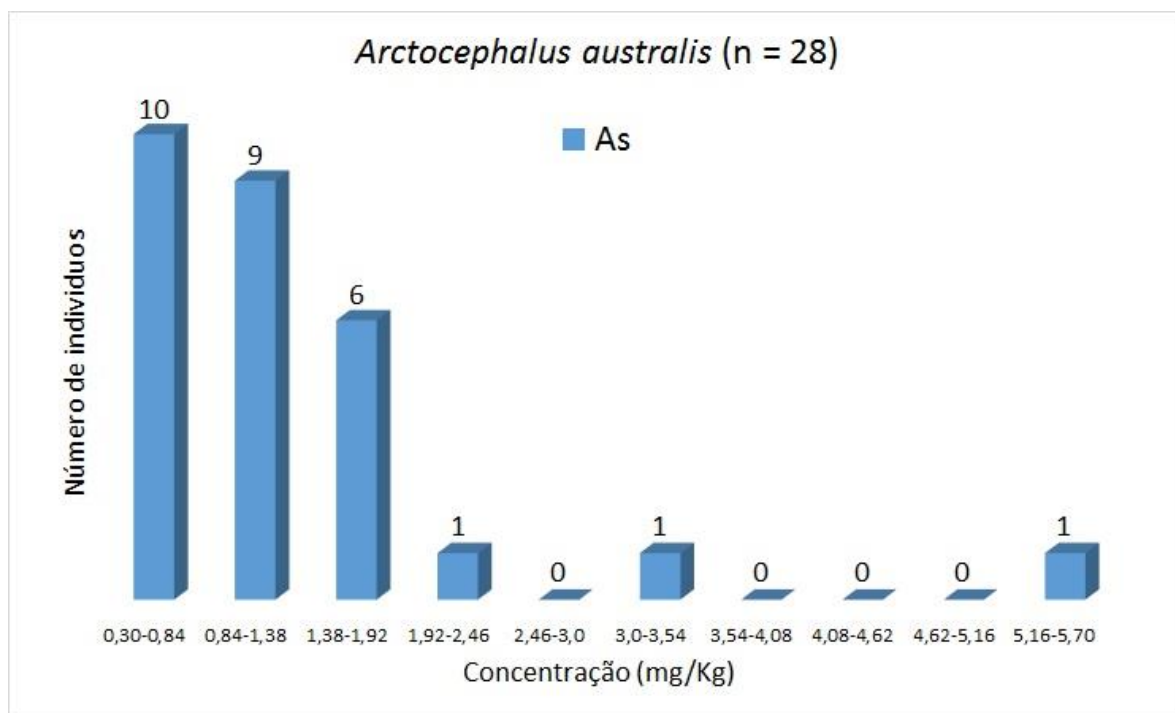


Figura VII.2.4-110 – Histograma de As (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 28), considerando o valor do LD.

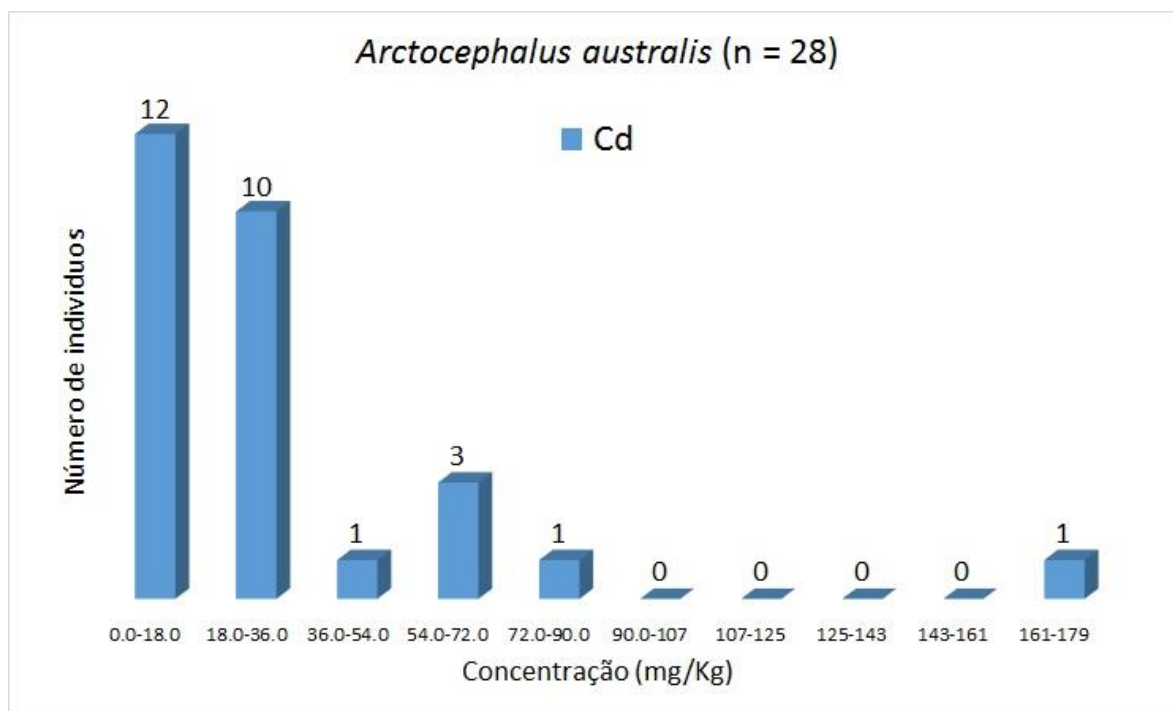


Figura VII.2.4-111 – Histograma de Cd (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 28), considerando o valor do LD.

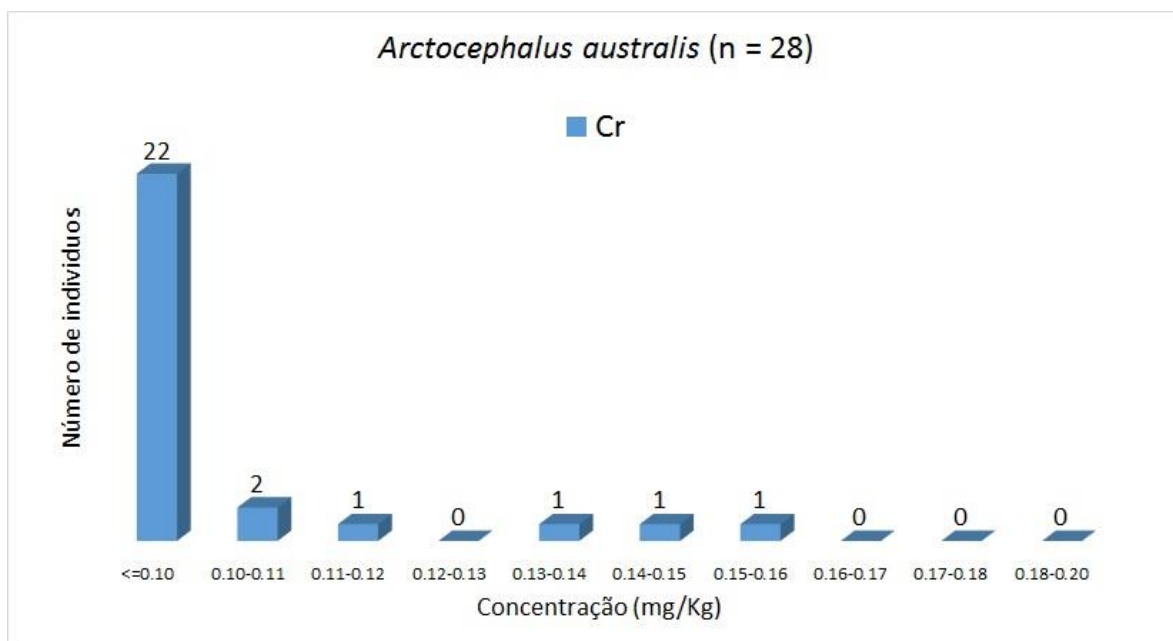


Figura VII.2.4-112 – Histograma de Cr (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 28), considerando o valor do LD.

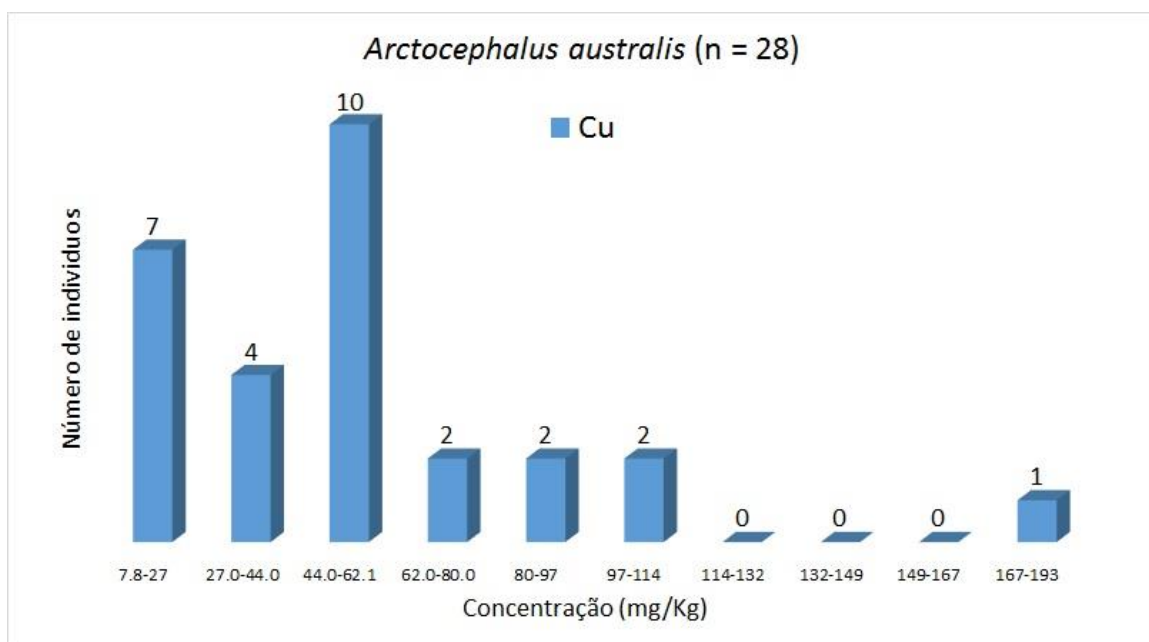


Figura VII.2.4-113 – Histograma de Cu (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 28), considerando o valor do LD.

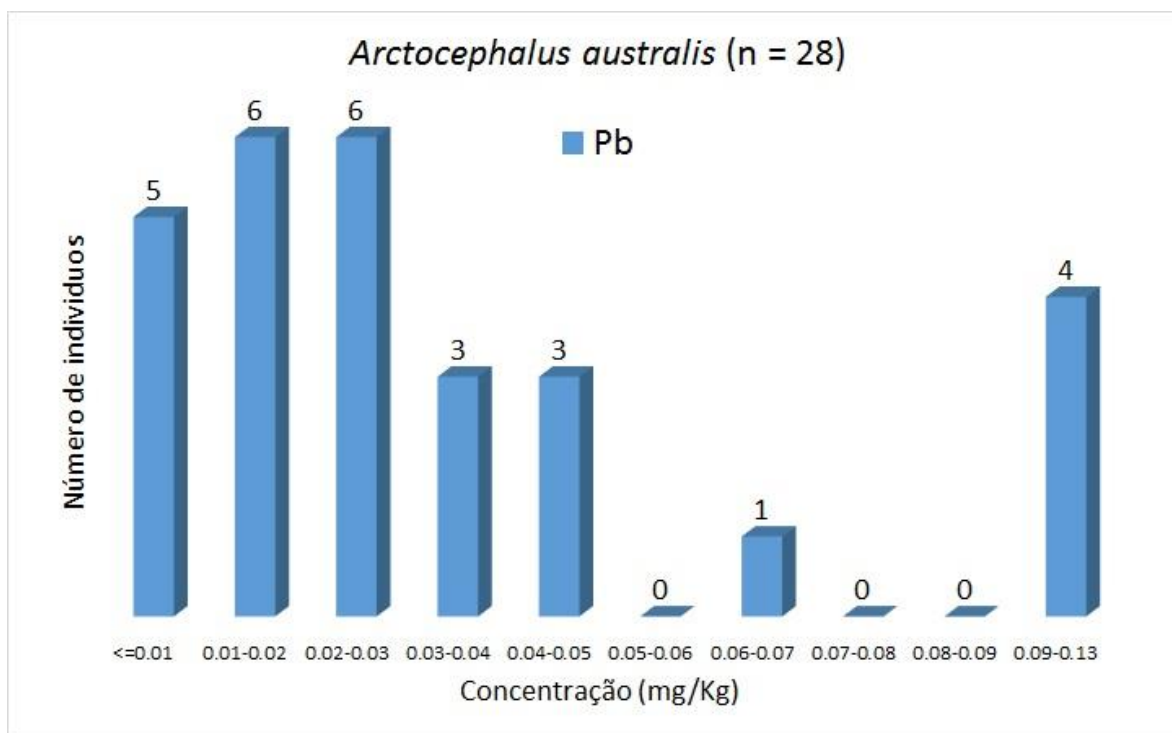


Figura VII.2.4-114 – Histograma de Pb (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 28), considerando o valor do LD.

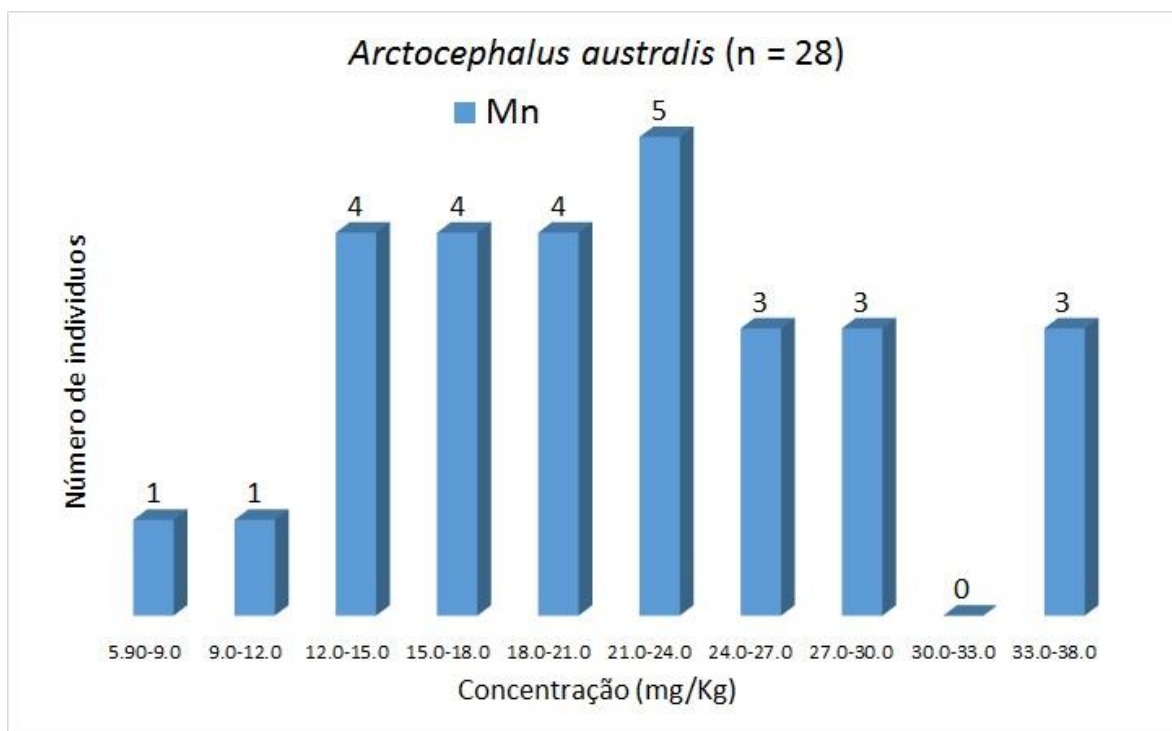


Figura VII.2.4-115 – Histograma de Mn (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 28), considerando o valor do LD.

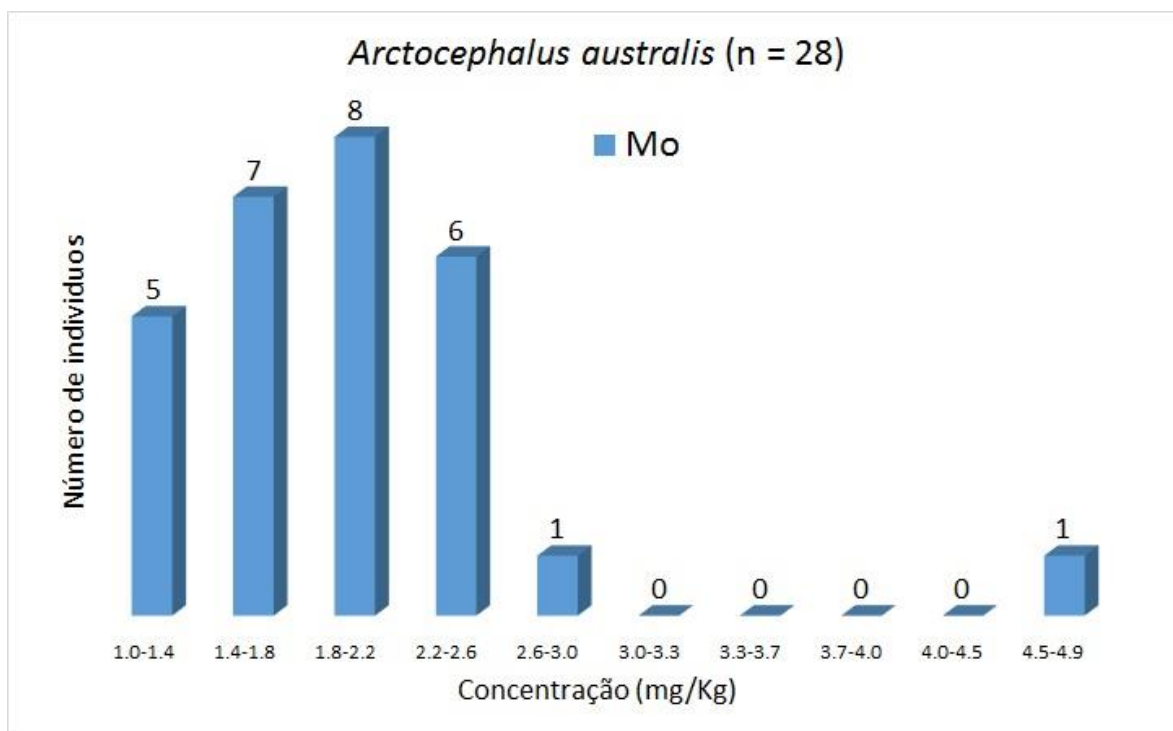


Figura VII.2.4-116 – Histograma de Mo (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 28) considerando o valor do LD.

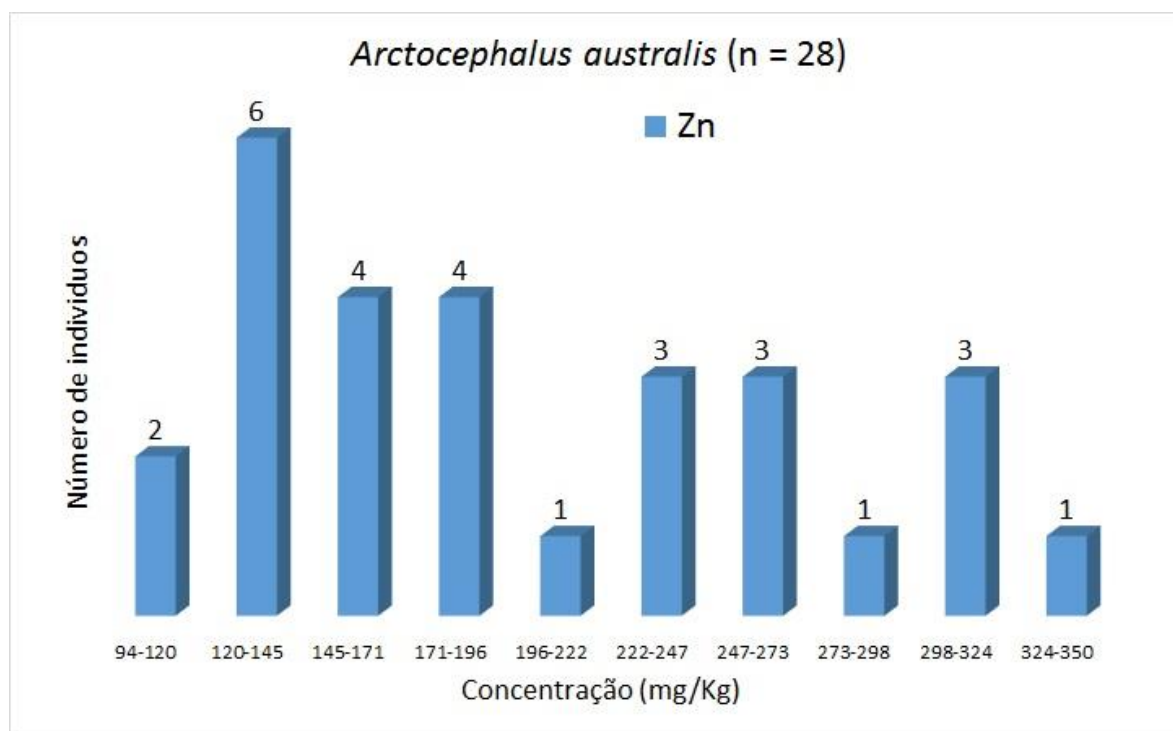


Figura VII.2.4-117 – Histograma de Zn (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 28), considerando o valor do LD.

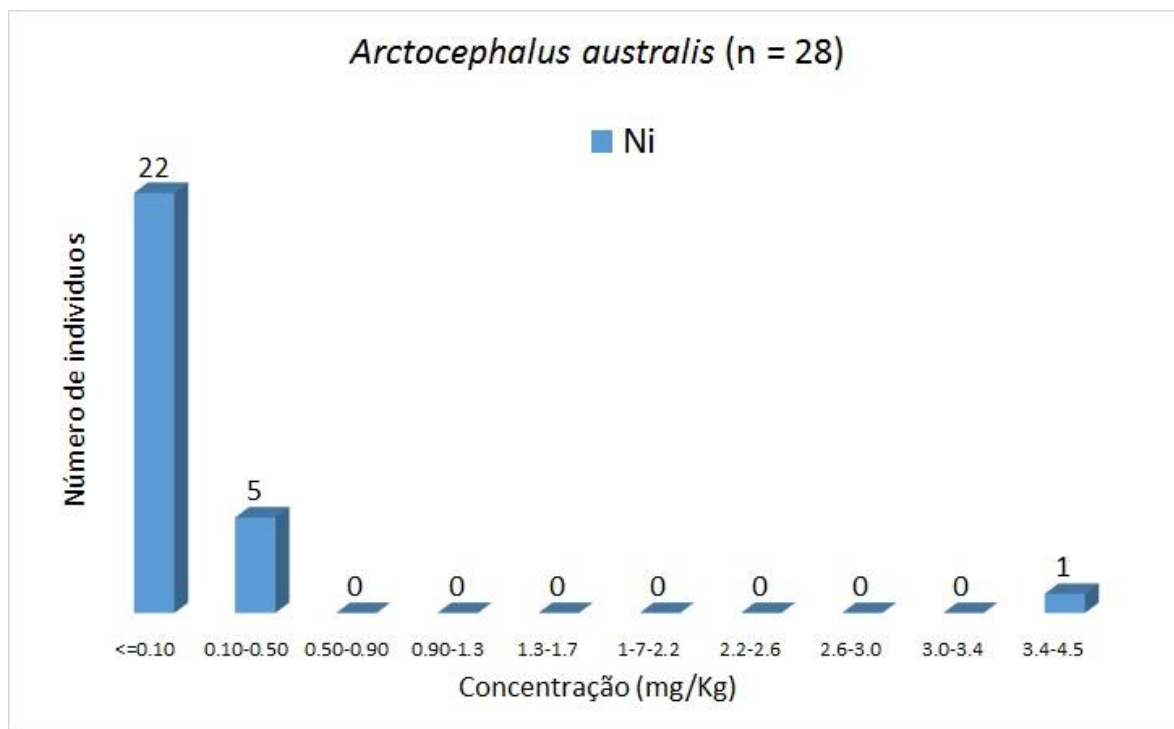


Figura VII.2.4-118 – Histograma de Ni (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 28), considerando o valor do LD.

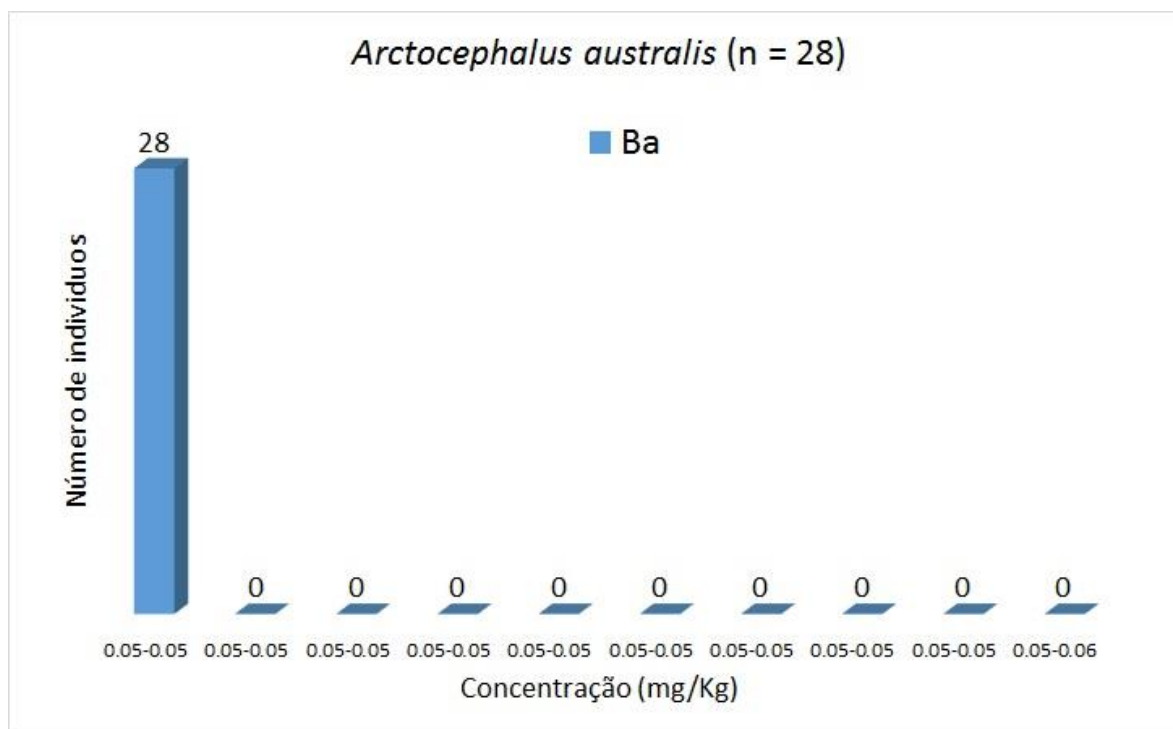


Figura VII.2.4-119 – Histograma de Ba (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 28), considerando o valor do LD.

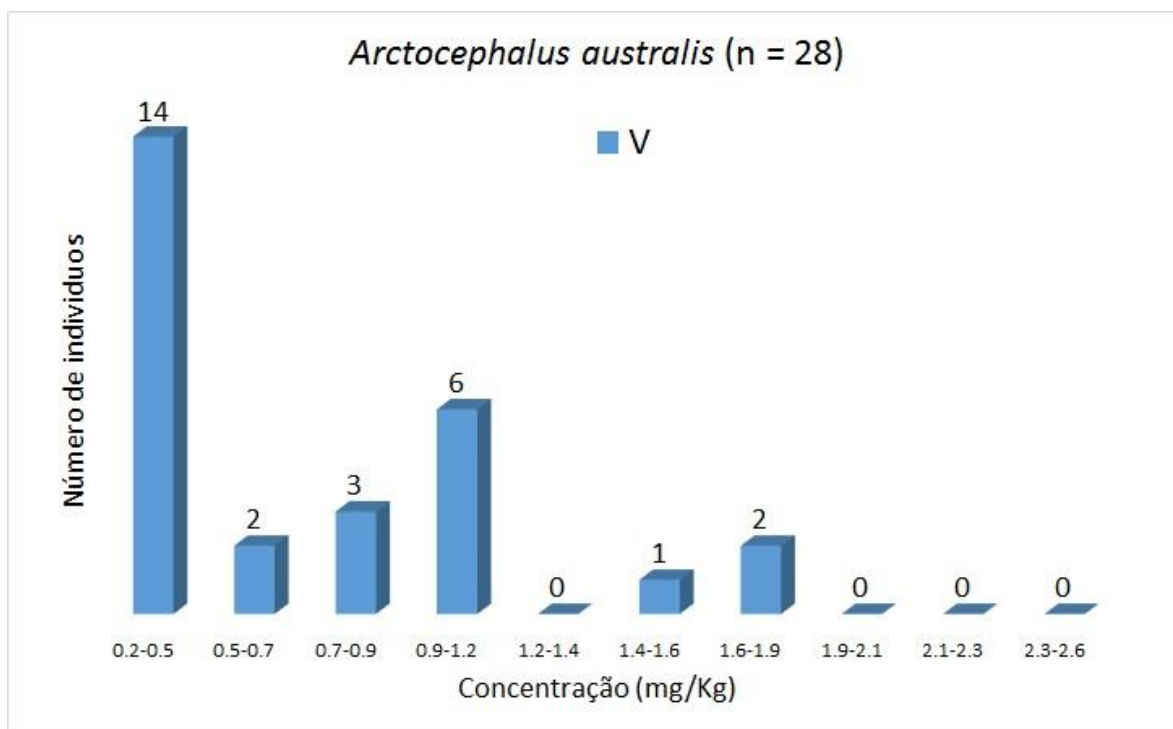


Figura VII.2.4-120 – Histograma de V (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 28), considerando o valor do LD.

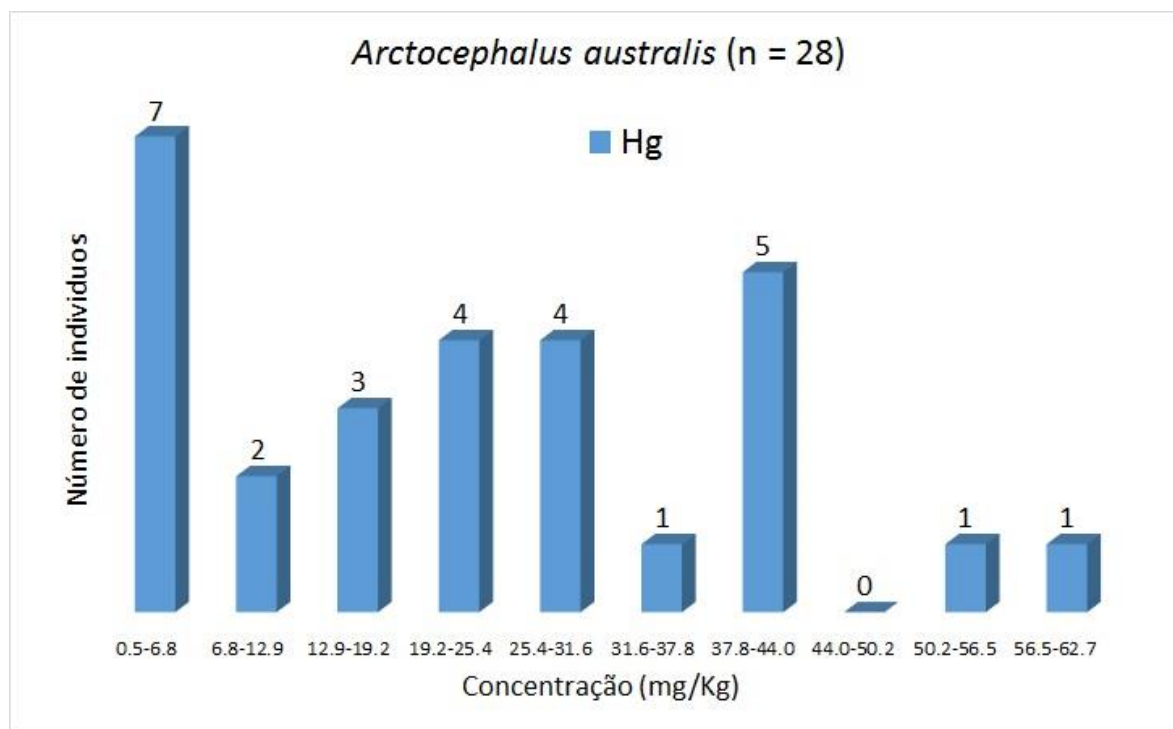


Figura VII.2.4-121 – Histograma de Hg (*Arctocephalus australis*) para elementos traço (n = 28), considerando o valor do LD.

VII.2.5 Análise estatística quantitativa (teste Kruskal-Wallis)

Sexo

Da Tabela VII.2.5-1 à Tabela VII.2.5-10 são apresentados a frequência e os sexos das aves (*Spheniscus magellanicus*, *Larus dominicanus*, *Sula leucogaster*, *Phalacrocorax brasilianus* e *Fregata magnificens*), das tartarugas marinhas (*Chelonia mydas* e *Caretta caretta*), e dos mamíferos (*Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis* e *Arctocephalus australis*).

Aves Marinhas

Tabela VII.2.5-1 – Frequência de sexo para *Spheniscus magellanicus*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	577	1
Macho	190	2
Indefinido	8	3
Não informado	0	4
Total	775	

Tabela VII.2.5-2 – Frequência de sexo para *Larus dominicanus*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	88	1
Macho	91	2
Indefinido	4	3
Não informado	0	4
Total	183	

Tabela VII.2.5-3 – Frequência de sexo para *Sula leucogaster*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	77	1
Macho	48	2
Indefinido	1	3
Não informado	0	4
Total	126	

Tabela VII.2.5-4 – Frequência de sexo para *Phalacrocorax brasilianus*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	40	1
Macho	32	2
Indefinido	1	3
Não informado	0	4
Total	73	

Tabela VII.2.5-5 – Frequência de sexo para *Fregata magnificens*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	26	1
Macho	26	2
Indefinido	0	3
Não informado	0	4
Total	52	

Tartarugas Marinhas

Tabela VII.2.5-6 – Frequência de sexo para *Chelonia mydas*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	762	1
Macho	188	2
Indefinido	11	3
Não informado	1	4
Total	962	

Tabela VII.2.5-7 – Frequência de sexo para *Caretta caretta*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	22	1
Macho	12	2
Indefinido	1	3
Não informado	0	4
Total	35	

Mamíferos Marinhos

Tabela VII.2.5-8 – Frequência de sexo para *Pontoporia blainvillei*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	51	1
Macho	48	2
Indefinido	1	3
Não informado	0	4
Total	100	

Tabela VII.2.5-9 – Frequência de sexo para *Sotalia guianensis*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	45	1
Macho	42	2
Indefinido	0	3
Não informado	0	4
Total	87	

Tabela VII.2.5-10 – Frequência de sexo para *Arctocephalus australis*.

Sexo	Frequência	Código
Fêmea	16	1
Macho	12	2
Indefinido	0	3
Não informado	0	4
Total	28	

Comparações entre sexos

Aves Marinhas

Também, comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes sexos para a espécie *Spheniscus magellanicus* (577 fêmeas, 190 machos), cujos valores de probabilidade p são apresentados na Tabela VII.2.5-11. Foram excluídos os indivíduos com sexo indefinido (n=8). A partir da Tabela VII.2.5-11 observa-se diferença significativa entre os sexos para As, Cd, Cu, Mn e Zn. A concentração média de As nos machos (média = 5,11 mg kg⁻¹) foi menor que nas fêmeas (média = 6,16 mg kg⁻¹); para Cd nos machos (média = 46,03

mg kg⁻¹) foi maior que nas fêmeas (média = 35,3 mg kg⁻¹). A concentração média de Cu nos machos (média = 35,6 mg kg⁻¹) também foi maior quando comparado com a concentração média nas fêmeas (média = 30,8 mg kg⁻¹). A concentração média de Mn nos machos (média = 7,82 mg kg⁻¹) também foi maior quando comparado com a concentração média nas fêmeas (média = 7,50 mg kg⁻¹). A concentração média de Zn nos machos (média = 268,2 mg kg⁻¹) também foi maior quando comparado com a concentração média nas fêmeas (média = 250,1 mg kg⁻¹).

Tabela VII.2.5-11 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Spheniscus magellanicus*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,0003
Cd	<0,0001
Cr	0,6598
Cu	0,0462
Pb	0,9102
Mn	0,0365
Mo	0,3454
Zn	0,0143
Ni	0,3511
Ba	0,9621
V	0,0177
Hg	0,0536

Para a espécie *Larus dominicanus* (88 fêmeas, 91 machos), os valores de probabilidade *p* são apresentados na Tabela VII.2.5-12. Foram excluídos os indivíduos com sexo indefinido (*n* = 4). Observa-se diferença significativa entre os sexos para Cd, Pb e Hg. A concentração média de Cd nos machos (média = 0,345 mg kg⁻¹) foi menor que nas fêmeas (média = 0,391 mg kg⁻¹); de igual modo, para Pb os machos apresentaram concentração média menor que as fêmeas (média = 0,053 e 0,302 mg kg⁻¹ respectivamente); A concentração média de Hg nos machos (média = 3,70 mg kg⁻¹) foi maior do que a concentração média deste elemento nas fêmeas (média = 2,93 mg kg⁻¹).

Tabela VII.2.5-12 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Larus dominicanus*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,3947
Cd	0,0479
Cr	0,0715
Cu	0,1668
Pb	0,0002
Mn	0,8007
Mo	0,9058
Zn	0,6136
Ni	0,3494
Ba	0,4531
V	0,3002
Hg	0,0095

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos

Ao se comparar as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes sexos da espécie *Sula leucogaster* (53 fêmeas, 73 machos), cujos valores de probabilidade *p* são apresentados na Tabela VII.2.5-13, não foram encontradas diferenças significativas. Para esta espécie foi encontrada diferença significativa entre indivíduos machos e fêmeas para o elemento Mo com concentrações médias de 1,66 e 1,88 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela VII.2.5-13 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Sula leucogaster*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,7183
Cd	0,9409
Cr	0,1019
Cu	0,0806
Pb	0,2979
Mn	0,1726
Mo	0,0293
Zn	0,3205
Ni	*
Ba	*
V	0,6564
Hg	0,0600

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos

Na comparação efetuada entre as concentrações obtidas dos elementos traço para indivíduos de diferentes sexos da espécie *Phalacrocorax brasilianus* (40 fêmeas, 32 machos), cujos valores de probabilidade p de *Kruskal-Wallis* são apresentados na Tabela VII.2.5-14. Para esta espécie, foram observadas diferenças significativas para a concentração média de As entre indivíduos fêmeas e machos (média = 1,05 e 0,53 mg kg⁻¹, respectivamente). Salienta-se que os elementos Ni e Ba não apresentaram dados suficientes para realização da análise ($n \geq 4$). Foi excluído o indivíduo com sexo indefinido ($n = 1$).

Tabela VII.2.5-14 – Valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* (comparação entre sexo para *Phalacrocorax brasilianus*).

Elemento	(p) <i>Kruskal-Wallis</i>
As	0,0106
Cd	0,8514
Cr	0,8359
Cu	0,4894
Pb	0,5175
Mn	0,3646
Mo	0,3859
Zn	0,7639
Ni	*
Ba	*
V	0,9458
Hg	0,3077

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos

Na comparação das concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes sexos (26 fêmeas, 26 machos) para a espécie *Fregata magnificens* (Tabela VII.2.5-15), observou-se diferença significativa entre as concentrações encontradas em fêmeas e machos para Cr (média = 0,095 e 0,059 mg kg⁻¹, respectivamente) e V (média = 0,750 e 0,390 mg kg⁻¹, respectivamente).

Tabela VII.2.5-15 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Fregata magnificens*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,3897
Cd	0,4530
Cr	0,0632
Cu	0,3412
Pb	0,3256
Mn	0,7697
Mo	0,8836
Zn	0,1482
Ni	0,3730
Ba	*
V	0,0338
Hg	0,1938

* Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos

Tartarugas Marinhas

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes sexos para a espécie *Chelonia mydas* (762 fêmeas, 188 machos), cujos valores de probabilidade *p* são apresentados na Tabela VII.2.5-16. Foram excluídos os indivíduos com sexo indefinido ($n=11$) e indivíduos com sexo não informado ($n = 1$). Observa-se que o elemento traço Hg apresentou diferenças significativas entre as concentrações médias de machos e fêmeas, com médias de 3,76 e 1,21 mg kg⁻¹ respectivamente.

Tabela VII.2.5-16 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Chelonia mydas*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,2716
Cd	0,1991
Cr	0,9003
Cu	0,5801
Pb	0,6576
Mn	0,5963
Mo	0,2936
Zn	0,9127
Ni	0,1551
Ba	0,0583
V	0,4589
Hg	0,0006

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre machos e fêmeas.

Para *Caretta caretta* (22 fêmeas, 12 machos), os valores de probabilidade *p* de *Kruskal-Wallis* são apresentados na Tabela VII.2.5-17. Pode-se observar que não houve diferença significativa entre as concentrações de todos os elementos analisados.

Tabela VII.2.5-17 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Caretta caretta*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,3676
Cd	0,5888
Cr	0,7342
Cu	0,9712
Pb	0,7185
Mn	0,8854
Mo	0,1210
Zn	0,9282
Ni	0,1933
Ba	0,6561
V	0,6523
Hg	0,4820

Mamíferos Marinhos

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes sexos (42 fêmeas, 45 machos) para a espécie *Sotalia guianensis* (Tabela VII.2.5-18). Observou-se diferença significativa entre as concentrações de Cu obtidas para machos e fêmeas (média = 104,4 e 141,7 mg kg⁻¹, respectivamente).

Tabela VII.2.5-18 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Sotalia guianensis*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,8684
Cd	0,3903
Cr	0,9498
Cu	0,0261
Pb	0,7684
Mn	0,4271
Mo	0,7858
Zn	0,3371
Ni	0,3354
Ba	*
V	0,8483
Hg	0,1714

*Ba não foi estatisticamente comparado, pois não apresenta dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos

Para a espécie *Pontoporia blainvillei* (48 fêmeas, 51 machos), os valores de probabilidade *p* de *Kruskal-Wallis* são apresentados na Tabela VII.2.5-19. Foi excluído o indivíduo com sexo indefinido ($n = 1$). Conforme resultados apresentados na Tabela VII.2.5-19, houve diferença significativa entre as concentrações obtidas do elemento Cu para fêmeas e machos (média = 105,1 e 55,51 mg kg⁻¹, respectivamente).

Tabela VII.2.5-19 – Valores de probabilidade *p* do teste de *Kruskal-Wallis* (comparação entre sexo para *Pontoporia blainvillei*).

Elemento	(p) <i>Kruskal-Wallis</i>
As	0,2537
Cd	0,1795
Cr	0,4450
Cu	0,0163
Pb	0,9444
Mn	0,5195
Mo	0,4205
Zn	0,0977
Ni	0,8059
Ba	*
V	0,1206
Hg	0,9888

*Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos

Os valores de probabilidade *p* do teste de *Kruskal-Wallis* ($\alpha=0,05$) para a espécie *Arctocephalus australis* (12 fêmeas, 16 machos), estão apresentados na Tabela VII.2.5-20. Como podemos observar, houve diferença significativa somente para as concentrações médias de Pb entre fêmeas e machos (média = 0,021 e 0,046 mg kg⁻¹, respectivamente).

Tabela VII.2.5-20 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre sexo para *Arctocephalus australis*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,9630
Cd	0,7628
Cr	0,6504
Cu	0,8164
Pb	0,0347
Mn	0,8164
Mo	0,7103
Zn	0,3777
Ni	*
Ba	*
V	0,3068
Hg	0,5308

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre ambos os sexos.

Estágio de desenvolvimento

Desde a **Tabela VII.2.5-21**, até a Tabela VII.2.5-30 se apresentam, respectivamente, os números de indivíduos de *Spheniscus magellanicus*, *Larus dominicanus*, *Sula leucogaster*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Fregata magnificens*, *Chelonia mydas*, *Caretta caretta*, *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis* e *Arctocephalus australis*, e seus respectivos estágios de desenvolvimento.

Aves Marinhas

Tabela VII.2.5-21 – Frequência de estágio de desenvolvimento para *Spheniscus magellanicus*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	758	1
Adulto	10	2
Filhote	2	3
Não informado	5	4
Indeterminado	0	5
Feto	0	6
Total	775	

Tabela VII.2.5-22 – Frequência de estágio de desenvolvimento para *Larus dominicanus*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	87	1
Adulto	94	2
Filhote	0	3
Não informado	0	4
Indeterminado	2	5
Feto	0	6
Total	183	

Tabela VII.2.5-23 – Frequência de estágio de desenvolvimento para *Sula leucogaster*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	48	1
Adulto	77	2
Filhote	0	3
Não informado	0	4
Indeterminado	1	5
Feto	0	6
Total	126	

Tabela VII.2.5-24 – Frequência de estágio de desenvolvimento para *Phalacrocorax brasilianus*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	40	1
Adulto	32	2
Filhote	0	3
Não informado	0	4
Indeterminado	1	5
Feto	0	6
Total	73	

Tabela VII.2.5-25 – Frequência de estágio de desenvolvimento para *Fregata magnificens*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	19	1
Adulto	32	2
Filhote	1	3
Não informado	0	4
Indeterminado	0	5
Feto	0	6
Total	52	

*Tartarugas Marinhas***Tabela VII.2.5-26** – Frequência de estágio de desenvolvimento para *Chelonia mydas*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	947	1
Adulto	1	2
Filhote	2	3
Não informado	12	4
Indeterminado	0	5
Feto	0	6
Total	962	

Tabela VII.2.5-27 – Frequência de estágio de desenvolvimento para *Caretta caretta*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	27	1
Adulto	6	2
Filhote	0	3
Não informado	1	4
Indeterminado	1	5
Feto	0	6
Total	24	

*Mamíferos Marinhos***Tabela VII.2.5-28** – Frequência de estágio de desenvolvimento para *Sotalia guianensis*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	41	1
Adulto	33	2
Filhote	10	3
Não informado	0	4
Indeterminado	0	5
Feto	3	6
Total	87	

Tabela VII.2.5-29 – Frequência de estágio de desenvolvimento para *Pontoporia blainvillei*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	31	1
Adulto	16	2
Filhote	47	3
Não informado	0	4
Indeterminado	1	5
Feto	5	6
Total	100	

Tabela VII.2.5-30 – Frequência de estágio de desenvolvimento para *Arctocephalus australis*.

Estágio de desenvolvimento	Frequência	Código
Juvenil	24	1
Adulto	2	2
Filhote	1	3
Não informado	1	4
Indeterminado	0	5
Feto	0	6
Total	25	

Comparação entre estágios de desenvolvimento

Aves Marinhas

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento para a espécie *Spheniscus magellanicus* (758 juvenis, 10 adultos), cujos valores de probabilidade p são apresentados na Tabela VII.2.5-31. Foram excluídos os indivíduos com estágios de desenvolvimento não informado ($n = 5$) e indivíduos com estágio de desenvolvimento filhote ($n = 2$), cuja frequência está abaixo do critério satisfatório para análise estatística ($n \geq 4$). Com a exceção dos elementos Ni e Ba que não tiveram suficientes indivíduos com concentrações acima do LD e, portanto, não foi possível fazer as devidas comparações, não houve diferença significativa nas concentrações de todos os elementos traço entre os estágios de desenvolvimento.

Tabela VII.2.5-31 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Spheniscus magellanicus*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,9217
Cd	0,9126
Cr	0,2563
Cu	0,1077
Pb	0,1917
Mn	0,5115
Mo	0,0668
Zn	0,9257
Ni	*
Ba	*
V	0,6841
Hg	0,7187

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento para a espécie *Larus dominicanus* (94 adultos e 87 juvenis). Os valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (Tabela VII.2.5-32) obtidos para variável estágio de desenvolvimento indicaram diferença significativa para os elementos As, Cd, Pb, Mo, Zn, V e Hg. As concentrações de As, Cd, Pb, Mo, Zn, V e Hg para o conjunto de indivíduos juvenis (médias = 3,93; 0,23; 0,05; 1,86; 157,9; 0,59 e 3,93 mg kg⁻¹, respectivamente) foram consideradas diferentes, quando comparadas com as concentrações de As, Cd, Pb, Mo, Zn, V e Hg obtidas no conjunto de indivíduos adultos (médias = 2,41; 0,49; 0,29; 2,01; 111,5; 0,45 e 2,89 mg kg⁻¹, respectivamente).

Tabela VII.2.5-32 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Larus dominicanus*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,0007
Cd	<0,0001
Cr	0,3550
Cu	0,6598
Pb	0,0025
Mn	0,2126
Mo	0,0467
Zn	0,047
Ni	0,8763
Ba	*
V	0,0102
Hg	0,0004

*Ba não foi estatisticamente comparado, pois não apresenta dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre estágios de desenvolvimento

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento para a espécie *Sula leucogaster* (48 juvenis, 77 adultos). Foram excluídos os indivíduos com estágios de desenvolvimento indeterminado ($n = 1$). Os valores de probabilidade *p* de Kruskal-Wallis são apresentados na Tabela VII.2.5-33. As concentrações médias de As, Cd, Cr e Hg para o conjunto de indivíduos juvenis (médias = 2,43; 0,675; 0,159 e 14,04 mg kg⁻¹) foram consideradas diferentes, quando comparadas com as concentrações médias de As, Cd, Cr e Hg obtidas para o conjunto de indivíduos adultos (médias = 1,67; 1,22; 0,082 e 9,67 mg kg⁻¹).

Tabela VII.2.5-33 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Sula leucogaster*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,0379
Cd	<0,0001
Cr	0,0910
Cu	0,1530
Pb	0,6810
Mn	0,5257
Mo	0,1167
Zn	0,9332
Ni	*
Ba	*
V	0,9959
Hg	0,0415

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre estágios de desenvolvimento

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento para a espécie *Phalacrocorax brasilianus* (40 juvenis, 32 adultos), cujos valores de probabilidade *p* são apresentados na Tabela VII.2.5-34. Foi excluído o indivíduo com sexo indeterminado ($n = 1$). Os valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis obtidos para variável estágio de desenvolvimento indicaram diferença significativa para as concentrações médias de Cd, Cu, Zn, V e Hg em indivíduos juvenis (médias = 0,077; 76,82; 302,3; 0,774 e 3,70 mg kg⁻¹) quando comparadas com as concentrações médias de Cd, Cu, Zn, V e Hg obtidas para o conjunto de indivíduos adultos (médias = 0,231; 38,38; 204,9; 0,537 e 5,07 mg kg⁻¹).

Tabela VII.2.5-34 – Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Phalacrocorax brasilianus*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,1811
Cd	0,0005
Cr	0,2506
Cu	0,0056
Pb	0,6356
Mn	0,4342
Mo	0,9955
Zn	0,0044
Ni	*
Ba	*
V	0,0171
Hg	0,0287

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre estágios de desenvolvimento

Também, comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento da espécie *Fregata magnificens* (32 adultos, 19 juvenis). Foram excluídos os indivíduos com estágio de desenvolvimento Filhote ($n = 1$). Os valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis obtidos para variável estágio de desenvolvimento indicaram diferença significativa para Cd, Cr e Hg (Tabela VII.2.5-35). A concentração média destes elementos para o conjunto de indivíduos adultos foi 1,04; 0,062 e 15,79 mg kg⁻¹ respectivamente, entanto que para os indivíduos juvenis as médias dos mesmos elementos foi 1,43; 0,103 e 7,31 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela VII.2.5-35 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Fregata magnificens*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,5077
Cd	0,0057
Cr	0,0642
Cu	0,3967
Pb	0,9113
Mn	0,3018
Mo	0,7850
Zn	0,0588
Ni	*
Ba	*
V	0,4357
Hg	0,0011

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Em negrito os elementos com diferenças significativas entre estágios de desenvolvimento

Tartarugas Marinhas

Não foi possível avaliar a variável estágio de desenvolvimento para a espécie *Chelonia mydas* devido a indisponibilidade de indivíduos adultos ($n = 1$) e filhotes ($n = 2$), os quais estão abaixo do critério de frequência satisfatória para análise estatística ($n \geq 4$). Além da indisponibilidade de indivíduos adultos e filhotes, 12 indivíduos não tiveram seu estágio de desenvolvimento informado.

Estatisticamente, também se comparou as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento de *Caretta caretta* (6 adultos, 27 juvenis). Foram excluídos os indivíduos com estágio de desenvolvimento não informado ($n = 1$) e indeterminado ($n = 1$). Os valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis obtidos para a variável estágio de desenvolvimento não indicaram diferença significativa entre indivíduos juvenis e adultos da espécie *Caretta caretta* (Tabela VII.2.5-36).

Tabela VII.2.5-36 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Caretta caretta*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis
As	0,7439
Cd	0,8155
Cr	0,7313
Cu	0,3044
Pb	0,5134
Mn	0,6744
Mo	0,8886
Zn	0,5285
Ni	0,9033
Ba	*
V	0,6076
Hg	0,3624

*Ba não foi estatisticamente comparado, pois os indivíduos adultos não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Mamíferos Marinhos

Na Tabela VII.2.5-37 se apresenta a comparação entre as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento para a espécie *Sotalia guianensis* (33 adultos, 41 juvenis e 10 filhotes). Foram excluídos os indivíduos com estágio de desenvolvimento Feto ($n = 3$). Os valores de probabilidade *p*-Kruskal-Wallis e *p*-Student-Newman-Keuls são apresentados na Tabela VII.2.5-37. Os valores obtidos para a variável estágio de desenvolvimento indicaram diferença significativa para as concentrações de Cu, Mo e Hg entre os três estágios de desenvolvimento. Desta forma, foi realizado o desdobramento pelo teste Student-Newman-Keuls, as concentrações médias de Cu em indivíduos juvenis (média = 148,7 mg kg⁻¹), adultos (média = 39,99 mg kg⁻¹) e filhotes (média = 268,7 mg kg⁻¹) são diferentes entre si. As concentrações médias de Mo em indivíduos juvenis (média = 1,55 mg kg⁻¹), adultos (média = 1,97 mg kg⁻¹) e filhotes (média = 0,80 mg kg⁻¹) são diferentes entre si. Também são diferentes as concentrações entre os três estágios de desenvolvimento para Hg, em juvenis (média = 9,36 mg kg⁻¹), adultos (média = 51,55 mg kg⁻¹) e filhotes (média = 1,86 mg kg⁻¹).

As concentrações médias de Cd em indivíduos adultos (média = 1,45 mg kg⁻¹) e juvenis (média = 0,332 mg kg⁻¹). Não houve número estatisticamente suficiente de indivíduos filhotes com concentrações acima do LD.

As concentrações médias de Mn em indivíduos adultos (média = 10,75 mg kg⁻¹) são consideradas estatisticamente diferentes das concentrações médias em indivíduos filhotes (média = 15,84 mg kg⁻¹) e juvenis (média = 13,31 mg kg⁻¹). Este mesmo padrão foi observado nas concentrações médias de Zn, onde indivíduos adultos (média = 156,9 mg kg⁻¹) são considerados estatisticamente diferentes quando comparados com a concentração média em indivíduos filhotes (média = 314,2 mg kg⁻¹) juvenis (média = 249,4 mg kg⁻¹).

Tabela VII.2.5-37 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Sotalia guianensis*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) Idade 0 e 1 (Juvenil e Adulto)	(p) Idade 0 e 2 (Juvenil e Filhote)	(p) Idade 1 e 2 (Adulto e Filhote)
As	0,1689			
Cd	0,0021	0,0021	*	*
Cr	0,9410	0,9410	*	*
Cu	0,0000	0,0008	0,0581	<0,0001
Pb	0,0689			
Mn	0,0020	0,0058	0,2048	0,0025
Mo	0,0000	0,0099	0,0058	<0,0001
Zn	0,0108	0,0136	0,3614	0,0127
Ni	0,2348			
Ba	*			
V	0,2607			
Hg	0,0001	0,0081	0,0100	<0,0001

*Cd e Cr (filhotes) e Ba (todos) não foram estatisticamente comparados por não apresentar dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
Em negrito os elementos com diferenças significativas entre estágios de desenvolvimento.

Também se comparou estatisticamente as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento da espécie *Pontoporia blainvillei* (16 adultos, 31 juvenis, 47 filhotes e 5 fetos). Os valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis obtidos para variável estágio de desenvolvimento indicaram diferença significativa para As, Cd, Cu, Pb, Mn Mo, Zn, V e Hg na espécie *Pontoporia blainvillei* (Tabela VII.2.5-38). Após realizado o

desdobramento pelo teste Student-Newman-Keuls (resultados na Tabela VII.2.5-38), observou-se diferenças significativas entre as concentrações de As quando comparados os indivíduos adultos e juvenis com indivíduos filhotes e fetos, não havendo diferenças significativas entre as concentrações médias de adultos e juvenis nem entre as de filhotes e fetos (Adultos, $1,56 \text{ mg kg}^{-1}$; Juvenil, $1,41 \text{ mg kg}^{-1}$; Filhotes, $0,594 \text{ mg kg}^{-1}$ e Fetos, $0,342 \text{ mg kg}^{-1}$). Para o elemento traço Cd, se observou diferenças significativas entre todos os estágios de desenvolvimento, salientando-se que a comparação com fetos não foi possível por apresentarem baixo número de indivíduos com valores estatisticamente comparáveis (Adultos, $1,91 \text{ mg kg}^{-1}$; Juvenil, $0,349 \text{ mg kg}^{-1}$; Filhotes, $0,025 \text{ mg kg}^{-1}$ e Fetos, $<LD$). Para o elemento Cu observou-se diferenças significativas entre as concentrações médias de indivíduos adultos e juvenis quando comparados com indivíduos filhotes e fetos (Adultos, $25,9 \text{ mg kg}^{-1}$; Juvenil, $18,5 \text{ mg kg}^{-1}$; Filhotes, $121,0 \text{ mg kg}^{-1}$ e Fetos, $238,2 \text{ mg kg}^{-1}$). Na análise estatística do elemento Pb, encontrou-se diferenças significativas entre indivíduos juvenis e adultos e também entre juvenis e filhotes (Adultos, $0,044 \text{ mg kg}^{-1}$; Juvenil, $0,011 \text{ mg kg}^{-1}$; Filhotes, $0,015 \text{ mg kg}^{-1}$ e Fetos, $<LD$). O elemento Mn apresentou comportamento estatístico similar aos elementos As e Cu, evidenciando diferenças significativas entre as concentrações médias de indivíduos adultos e juvenis quando comparados com indivíduos filhotes e fetos (Adultos, $16,88 \text{ mg kg}^{-1}$; Juvenil, $15,06 \text{ mg kg}^{-1}$; Filhotes, $12,72 \text{ mg kg}^{-1}$ e Fetos, $9,29 \text{ mg kg}^{-1}$). Para Mo o conjunto de indivíduos filhotes apresentou diferenças significativas ao se comparar com adultos e juvenis (média = $0,474$; $2,54$ e $1,55 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente). Para o Zn se observou diferenças significativas quando comparadas as concentrações de adultos e juvenis com indivíduos filhotes e fetos (Adultos, $120,8 \text{ mg kg}^{-1}$; Juvenil, $123,3 \text{ mg kg}^{-1}$; Filhotes, $276,2 \text{ mg kg}^{-1}$ e Fetos, $558,5 \text{ mg kg}^{-1}$). V apresentou diferenças significativas entre indivíduos juvenis e fetos (média = $0,333$ e $0,683 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente); entanto e o Hg apresentou diferenças significativas para os indivíduos adultos quando comparados com juvenis, filhotes e fetos (Adultos, $6,02 \text{ mg kg}^{-1}$; Juvenil, $2,77 \text{ mg kg}^{-1}$; Filhotes, $2,17 \text{ mg kg}^{-1}$ e Fetos, $2,27 \text{ mg kg}^{-1}$).

Tabela VII.2.5-38 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre estágio de desenvolvimento para *Pontoporia blainvillei*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) Idade 0 e 1 (Adulto e Juvenil)	(p) Idade 1 e 2 (Adulto e Filhote)	(p) Idade 1 e 2 (Adulto e Feto)	(p) Idade 0 e 2 (Juvenil e Filhote)	(p) Idade 0 e 2 (Juvenil e Feto)	(p) Idade 1 e 2 (Filhote e Feto)
As	0,0000	0,6686	< 0,0001	0,0002	< 0,0001	0,0003	0,3571
Cd	0,0000	0,0467	< 0,0001	*	< 0,0001	*	*
Cr	0,5283	*	*	*	0,5283	*	*
Cu	0,0000	0,2298	0,0059	0,0344	< 0,0001	0,0026	0,5433
Pb	0,0282	0,0287	0,3790	*	0,0703	*	*
Mn	0,0005	0,4284	0,0042	0,0010	0,0114	0,0028	0,0695
Mo	0,0000	0,2507	< 0,0001	*	< 0,0001	*	*
Zn	0,0000	0,5014	0,0007	0,0007	0,0008	0,0016	0,1103
Ni	*						
Ba	*						
V	0,0385	0,1057	0,8671	0,1594	0,0520	0,0114	0,1019
Hg	0,0004	< 0,0001	0,0001	0,1399	0,6187	0,3365	0,4594

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD. *Cr somente foram comparados indivíduos juvenis e filhotes.
Em negrito os elementos com diferenças significativas entre estágios de desenvolvimento.

Não foi possível avaliar a variável estágio de desenvolvimento para *Arctocephalus australis* devido à indisponibilidade de indivíduos adultos ($n = 2$) e filhotes ($n = 1$), os quais estão abaixo do critério de frequência satisfatória para análise estatística ($n \geq 4$). Além da indisponibilidade de indivíduos com diferentes estágios de desenvolvimento, um ($n = 1$) indivíduo teve seu estágio de desenvolvimento não informado.

Local (Trecho)

Desde a Tabela VII.2.5-39 até a Tabela VII.2.5-48 se apresentam, respectivamente, os números de indivíduos de cada espécie, *Spheniscus magellanicus*, *Larus dominicanus*, *Sula leucogaster*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Fregata magnificens*, *Chelonia mydas*, *Caretta caretta*, *Sotalia guianensis*, *Pontoporia blainvillei*, *Arctocephalus australis*, nos respectivos locais (trecho) de ocorrência.

Aves Marinhas

Tabela VII.2.5-39 – Frequência de local para *Spheniscus magellanicus*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	158	½
Trecho 3	202	3
Trecho 4	24	4
Trecho 5	82	5
Trecho 6	57	6
Trecho 7	65	7
Trecho 8	59	8
Trecho 9	24	9
Trecho 10	35	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	2	12
Trecho 13	6	13
Trecho 14	12	14
Trecho 15	49	15
Total	775	

Tabela VII.2.5-40 – Frequência de local para Larus dominicanus.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	41	1/2
Trecho 3	27	3
Trecho 4	34	4
Trecho 5	26	5
Trecho 6	23	6
Trecho 7	3	7
Trecho 8	13	8
Trecho 9	1	9
Trecho 10	3	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	1	12
Trecho 13	4	13
Trecho 14	1	14
Trecho 15	6	15
Total	183	

Tabela VII.2.5-41 – Frequência de local para Sula leucogaster.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	5	1/2
Trecho 3	5	3
Trecho 4	2	4
Trecho 5	8	5
Trecho 6	18	6
Trecho 7	16	7
Trecho 8	14	8
Trecho 9	4	9
Trecho 10	10	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	3	12
Trecho 13	6	13
Trecho 14	20	14
Trecho 15	15	15
Total	126	

Tabela VII.2.5-42 – Frequência de local para *Phalacrocorax brasilianus*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	7	1/2
Trecho 3	1	3
Trecho 4	4	4
Trecho 5	1	5
Trecho 6	9	6
Trecho 7	5	7
Trecho 8	1	8
Trecho 9	1	9
Trecho 10	6	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	0	12
Trecho 13	8	13
Trecho 14	22	14
Trecho 15	8	15
Total	73	

Tabela VII.2.5-43 – Frequência de local para *Fregata magnificens*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	1	1/2
Trecho 3	0	3
Trecho 4	0	4
Trecho 5	2	5
Trecho 6	4	6
Trecho 7	15	7
Trecho 8	4	8
Trecho 9	2	9
Trecho 10	3	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	2	12
Trecho 13	1	13
Trecho 14	8	14
Trecho 15	10	15
Total	52	

*Tartarugas Marinhas****Tabela VII.2.5-44 – Frequência de local para Chelonia mydas.***

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	23	1/2
Trecho 3	4	3
Trecho 4	11	4
Trecho 5	40	5
Trecho 6	106	6
Trecho 7	81	7
Trecho 8	153	8
Trecho 9	88	9
Trecho 10	298	10
Trecho 11	16	11
Trecho 12	27	12
Trecho 13	73	13
Trecho 14	10	14
Trecho 15	32	15
Total	962	

Tabela VII.2.5-45 – Frequência de local para Caretta caretta.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	2	1/2
Trecho 3	0	3
Trecho 4	0	4
Trecho 5	1	5
Trecho 6	3	6
Trecho 7	10	7
Trecho 8	9	8
Trecho 9	5	9
Trecho 10	4	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	1	12
Trecho 13	0	13
Trecho 14	0	14
Trecho 15	0	15
Total	35	

*Mamíferos Marinhos****Tabela VII.2.5-46 – Frequência de local para Sotalia guianensis.***

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	0	1/2
Trecho 3	0	3
Trecho 4	0	4
Trecho 5	6	5
Trecho 6	21	6
Trecho 7	18	7
Trecho 8	3	8
Trecho 9	2	9
Trecho 10	14	10
Trecho 11	3	11
Trecho 12	2	12
Trecho 13	17	13
Trecho 14	1	14
Trecho 15	0	15
Total	87	

Tabela VII.2.5-47 – Frequência de local para a espécie Pontoporia blainvillei.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	4	1/2
Trecho 3	3	3
Trecho 4	3	4
Trecho 5	3	5
Trecho 6	4	6
Trecho 7	18	7
Trecho 8	28	8
Trecho 9	15	9
Trecho 10	22	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	0	12
Trecho 13	0	13
Trecho 14	0	14
Trecho 15	0	15
Total	100	

Tabela VII.2.5-48 – Frequência de local para *Arctocephalus australis*.

Local (Trecho)	Frequência	Código
Trecho 1 e 2	16	1/2
Trecho 3	4	3
Trecho 4	4	4
Trecho 5	2	5
Trecho 6	1	6
Trecho 7	0	7
Trecho 8	0	8
Trecho 9	0	9
Trecho 10	0	10
Trecho 11	0	11
Trecho 12	0	12
Trecho 13	0	13
Trecho 14	0	14
Trecho 15	1	15
Total	28	

Comparação entre locais (trechos)

Aves Marinhas

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos coletados em diferentes locais (12 trechos) para *Spheniscus magellanicus* (T = Trecho: T1/2, T03, T04, T05, T06, T07, T08, T09, T10, T13, T14 e T15). Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise estatística ($n \geq 4$).

As concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais são apresentadas na Tabela VII.2.5-49.

Tabela VII.2.5-49 – Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	T14	T15
ET	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)
As	6,84	7,99	6,72	4,94	4,47	4,41	3,64	5,36	5,18	*	*	2,43	2,65	3,72
Cd	34,93	28,0	42,81	32,3	46,97	44,31	49,76	41,68	50,44	*	*	50,38	51,16	47,89
Cr	0,111	0,115	*	0,081	0,097	0,062	0,075	0,101	0,094	*	*	*	*	0,065
Cu	31,44	30,27	34,64	27,09	35,82	31,55	38,65	32,96	41,36	*	*	30,23	23,77	30,8
Pb	0,014	0,015	0,016	0,018	0,030	0,054	0,022	0,021	0,023	*	*	0,026	0,059	0,030
Mn	7,48	7,99	8,50	7,53	7,72	6,72	7,73	7,57	8,48	*	*	6,17	5,85	6,42
Mo	4,23	3,70	5,21	3,93	4,92	4,45	5,14	4,73	5,27	*	*	4,65	4,57	5,31
Zn	223,1	239,2	316,9	244,6	267,1	275,6	297,9	289,8	275,9	*	*	263,5	254,3	269,7
Ni	0,073	0,084	*	0,057	0,067	*	*	0,074	0,064	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	0,068	0,065	0,063	0,072	*	0,083	*	*	*	*	0,059
V	0,324	0,502	0,469	0,173	0,388	0,265	0,238	0,542	0,307	*	*	0,253	0,173	0,217
Hg	5,74	5,47	6,48	6,52	7,57	7,79	7,52	8,50	5,80	*	*	9,77	7,50	8,12

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD.

Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* indicaram diferença significativa entre as concentrações médias nos mencionados locais de coleta para os elementos traço As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, V e Hg. Não foram encontradas diferenças significativas entre os seis trechos estatisticamente comparáveis para Ni e Ba. Deste modo, o desdobramento a partir do teste de *Student-Newman-Keuls* foi realizado e os valores p -*Student-Newman-Keuls* são apresentados na Tabela VII.2.5-50, na qual podemos observar, em negrito, os valores p -*Student-Newman-Keuls* para as comparações entre pares de trechos com diferenças estatísticas significativas.

Com 7 dos 36 pares de trechos intercomparados, o elemento traço Cr apresentou menor número de diferenças estatísticas significativas na comparação das concentrações encontradas no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*, cujos valores p – *Kruskal-Wallis* se destacam em negrito na Tabela VII.2.5-50. Em número crescente de pares intercomparados com diferenças significativas o elemento Cr foi seguido pelos elementos V (14 dos 66 pares intercomparados); Mo e Zn (19 dos 66 pares); Cu (21 dos 66 pares); Hg (22 dos 66 pares); Cd (24 dos 66 pares); Pb (28 dos 66 pares); Mn (31 dos 66 pares) e, o elemento traço As com 37 diferenças significativas entre os 66 pares de trechos intercomparados.

Tabela VII.2.5-50 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Spheniscus magellanicus*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 3	(p) trecho 1/2 e 4	(p) trecho 1/2 e 5	(p) trecho 1/2 e 6	(p) trecho 1/2 e 7	(p) trecho 1/2 e 8	(p) trecho 1/2 e 9	(p) trecho 1/2 e 10	(p) trecho 1/2 e 13	(p) trecho 1/2 e 14
As	0,0000	0,0871	0,8301	0,0002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0257	0,0012	0,0005	< 0,0001
Cd	0,0000	0,1987	0,1842	0,1944	0,0009	0,0064	0,0004	0,0811	0,0095	0,0506	0,0131
Cr	0,0001	0,6708	*	0,0354	0,6457	0,0010	0,0364	0,7484	0,4805	*	*
Cu	0,0000	0,3465	0,0161	0,6392	0,0219	0,1118	< 0,0001	0,0018	0,0001	0,3685	0,6030
Pb	0,0000	0,146	0,7226	0,0955	0,1863	< 0,0001	0,0267	0,1345	0,0015	0,0406	0,0015
Mn	0,0000	0,0143	0,4048	0,5848	0,4910	0,0026	0,1359	0,9978	0,0042	0,1010	0,0023
Mo	0,0000	0,0026	0,2561	0,4595	0,0373	0,1504	< 0,0001	0,0653	0,0016	0,2987	0,1916
Zn	0,0000	0,0839	< 0,0001	0,0294	0,0003	< 0,0001	< 0,0001	0,0004	0,0007	0,1506	0,1510
Ni	0,1033	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	0,2277	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	0,0041	0,1494	0,4596	0,1001	0,0072	0,2136	0,8764	0,0072	0,0387	0,6678	0,4628
Hg	0,0000	0,7980	0,0916	0,0747	0,0003	< 0,0001	< 0,0001	0,0002	0,5284	0,2729	0,0278

continua

Tabela VII.2.5-50 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 15	(p) trecho 3 e 4	(p) trecho 3 e 5	(p) trecho 3 e 6	(p) trecho 3 e 7	(p) trecho 3 e 8	(p) trecho 3 e 9	(p) trecho 3 e 10	(p) trecho 3 e 13	(p) trecho 3 e 14
As	0,0000	< 0,0001	0,2894	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0019	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Cd	0,0000	0,0024	0,0478	0,7593	< 0,0001	0,0002	< 0,0001	0,0163	0,0007	0,0219	0,0031
Cr	0,0001	0,0106	*	0,0654	0,8629	0,0021	0,0640	0,9073	0,6310	*	*
Cu	0,0000	0,0199	0,0479	0,7811	0,0905	0,3632	< 0,0001	0,0069	0,0008	0,5086	0,3704
Pb	0,0000	< 0,0001	0,6614	0,0023	0,8318	< 0,0001	0,0006	0,0205	< 0,0001	0,0134	0,2695
Mn	0,0000	0,0002	0,7191	0,1554	0,3053	< 0,0001	0,8254	0,2293	0,1336	0,0264	< 0,0001
Mo	0,0000	0,0001	0,0084	0,0939	< 0,0001	0,0002	< 0,0001	0,0008	< 0,0001	0,0694	0,0167
Zn	0,0000	0,0006	0,0013	0,3889	0,0116	0,0010	< 0,0001	0,0056	0,0141	0,3172	0,4069
Ni	0,1033	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	0,2277	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	0,0041	0,7846	0,9672	0,0040	0,0802	0,8325	0,3819	0,0435	0,2031	0,9511	0,2093
Hg	0,0000	< 0,0001	0,0661	0,0394	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0001	0,4285	0,2435	0,0210

continua

Tabela VII.2.5-50 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 3 e 15	(p) trecho 4 e 5	(p) trecho 4 e 6	(p) trecho 4 e 7	(p) trecho 4 e 8	(p) trecho 4 e 9	(p) trecho 4 e 10	(p) trecho 4 e 13	(p) trecho 4 e 14	(p) trecho 4 e 15
As	0,0000	< 0,0001	0,0469	0,0099	0,0019	0,0002	0,1259	0,00347	0,0022	0,0003	< 0,0001
Cd	0,0000	< 0,0001	0,0440	0,3577	0,6424	0,2988	0,7519	0,4650	0,2527	0,2008	0,4074
Cr	0,0001	0,0193	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cu	0,0000	0,0782	0,0485	0,4764	0,2130	0,3544	0,5891	0,4875	0,7330	0,0499	0,5599
Pb	0,0000	< 0,0001	0,1893	0,6034	0,0059	0,0858	0,1599	0,0113	0,0417	0,5089	0,0002
Mn	0,0000	< 0,0001	0,6413	0,7541	0,0088	0,8525	0,5286	0,1837	0,0592	0,0020	0,0016
Mo	0,0000	< 0,0001	0,1321	0,7641	0,8772	0,1177	0,5914	0,1969	0,6878	0,6876	0,1324
Zn	0,0000	0,0169	0,0124	0,1966	0,3474	0,9809	0,7421	0,3585	0,5416	0,2066	0,2099
Ni	0,1033	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	0,2277	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	0,0041	0,4959	0,0964	0,2975	0,9290	0,5679	0,1391	0,3977	0,9711	0,2801	0,6377
Hg	0,0000	< 0,0001	0,5842	0,4260	0,3119	0,2947	0,1314	0,3420	0,8499	0,4136	0,0898

continua

Tabela VII.2.5-50 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 5 e 6	(p) trecho 5 e 7	(p) trecho 5 e 8	(p) trecho 5 e 9	(p) trecho 5 e 10	(p) trecho 5 e 13	(p) trecho 5 e 14	(p) trecho 5 e 15	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 8
As	0,0000	0,3347	0,0898	0,0102	0,9333	0,6256	0,0270	0,0089	0,0017	0,5248	0,1424
Cd	0,0000	< 0,0001	0,0005	< 0,0001	0,0161	0,0011	0,0193	0,0029	0,0002	0,5338	0,8814
Cr	0,0001	0,2117	0,2329	0,8473	0,3517	0,4439	*	*	0,4667	0,0227	0,1814
Cu	0,0000	0,0923	0,3174	< 0,0001	0,0076	0,0013	0,4632	0,4572	0,0793	0,4937	0,0323
Pb	0,0000	0,0124	0,0336	0,5148	0,6634	0,0696	0,1396	0,8180	0,0004	< 0,0001	0,0035
Mn	0,0000	0,8526	0,0018	0,3697	0,7506	0,0226	0,0753	0,0014	0,0002	0,0025	0,5144
Mo	0,0000	0,0143	0,0598	< 0,0001	0,0297	0,0006	0,2077	0,1117	< 0,0001	0,5446	0,0997
Zn	0,0000	0,1231	0,0322	0,0006	0,0366	0,0953	0,4758	0,6655	0,1381	0,6208	0,0849
Ni	0,1033	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	0,2277	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	0,0041	0,0002	0,0142	0,1471	0,0005	0,0025	0,3415	0,9899	0,1370	0,2007	0,0349
Hg	0,0000	0,0629	0,0265	0,0257	0,0154	0,5365	0,6138	0,1782	0,0023	0,7922	0,7467

continua

Tabela VII.2.5-50 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 6 e 9	(p) trecho 6 e 10	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 6 e 14	(p) trecho 6 e 15	(p) trecho 7 e 8	(p) trecho 7 e 9	(p) trecho 7 e 10	(p) trecho 7 e 13	(p) trecho 7 e 14
As	0,0000	0,4451	0,7520	0,0731	0,0433	0,0407	0,3825	0,2037	0,3821	0,1255	0,0939
Cd	0,0000	0,05859	0,8882	0,4871	0,4719	0,9287	0,4342	0,9344	0,6932	0,3352	0,2772
Cr	0,0001	0,9975	0,7772	*	*	0,0751	0,3581	0,0829	0,0925	*	*
Cu	0,0000	0,1761	0,0961	0,9628	0,1016	0,8916	0,0037	0,0577	0,0216	0,7354	0,2077
Pb	0,0000	0,0288	0,0002	0,0139	0,2571	< 0,0001	0,1788	0,2915	0,9491	0,5242	0,1771
Mn	0,0000	0,6637	0,0461	0,0680	0,0013	0,0003	0,0002	0,0633	< 0,0001	0,5152	0,1355
Mo	0,0000	0,7363	0,2104	0,7970	0,8276	0,1213	0,0208	0,4218	0,0707	0,6056	0,5687
Zn	0,0000	0,3676	0,7414	0,9338	0,6770	0,9925	0,2003	0,5878	0,9281	0,8990	0,4797
Ni	0,1033	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	0,2277	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	0,0041	0,4760	0,8913	0,5808	0,0454	0,0570	0,3749	0,0894	0,3332	0,9911	0,1994
Hg	0,0000	0,3204	0,0380	0,8025	0,7641	0,2400	0,9460	0,4167	0,0186	0,7162	0,8798

continua

Tabela VII.2.5-50 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 7 e 15	(p) trecho 8 e 9	(p) trecho 8 e 10	(p) trecho 8 e 13	(p) trecho 8 e 14	(p) trecho 8 e 15	(p) trecho 9 e 10	(p) trecho 9 e 13	(p) trecho 9 e 14	(p) trecho 9 e 15
As	0,0000	0,1342	0,0584	0,1107	0,2464	0,2436	0,5133	0,6563	0,0364	0,0193	0,0190
Cd	0,0000	0,6138	0,5079	0,7861	0,5277	0,5260	0,8154	0,6993	0,3452	0,3071	0,6440
Cr	0,0001	0,7244	0,3037	0,3796	*	*	0,6102	0,8164	*	*	0,1630
Cu	0,0000	0,4255	0,7779	0,8506	0,3783	0,0038	0,0550	0,9155	0,4981	0,0163	0,2245
Pb	0,0000	0,1341	0,9664	0,2318	0,2308	0,5647	0,0066	0,3168	0,2512	0,6263	0,0317
Mn	0,0000	0,4010	0,3486	0,1498	0,0368	0,0003	< 0,0001	0,0438	0,1294	0,0098	0,0156
Mo	0,0000	0,0295	0,3552	0,8629	0,6484	0,4549	0,9836	0,4804	0,9503	0,0712	0,3775
Zn	0,0000	0,6420	0,6772	0,2428	0,5069	0,1532	0,0997	0,5755	0,6875	0,3200	0,3829
Ni	0,1033	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	0,2277	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	0,0041	0,4638	0,0196	0,0894	0,7179	0,4417	0,9136	0,4442	0,3685	0,0222	0,0289
Hg	0,0000	0,3385	0,4526	0,0178	0,6962	0,9111	0,3821	0,0095	0,4443	0,6786	0,9587

continua

Tabela VII.2.5-50 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 10 e 13	(p) trecho 10 e 14	(p) trecho 10 e 15	(p) trecho 13 e 14	(p) trecho 13 e 15	(p) trecho 14 e 15
As	0,0000	0,0582	0,0339	0,0350	0,7988	0,3918	0,4507
Cd	0,0000	0,4572	0,4393	0,9540	0,8890	0,4654	0,4451
Cr	0,0001	*	*	0,1962	*	*	*
Cu	0,0000	0,4452	0,0087	0,1350	0,2801	0,9879	0,0897
Pb	0,0000	0,5587	0,1910	0,2224	0,1640	0,9785	0,0281
Mn	0,0000	0,0074	< 0,0001	< 0,0001	0,7537	0,7604	0,3356
Mo	0,0000	0,7197	0,5503	0,8820	0,9343	0,6581	0,4701
Zn	0,0000	0,9365	0,5436	0,7551	0,7370	0,9377	0,6771
Ni	0,1033	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	0,2277	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V	0,0041	0,6384	0,0700	0,1228	0,4256	0,7570	0,4114
Hg	0,0000	0,4440	0,1059	0,0023	0,6853	0,4369	0,6783

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Larus dominicanus* nos diferentes locais de coleta são apresentadas na Tabela VII.2.5-51.

Tabela VII.2.5-51 – Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Larus dominicanus* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	T14	T15
ET	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)
As	3,80	1,82	2,70	3,78	3,74	*	3,08	*	*	*	*	1,87	*	2,90
Cd	0,494	0,373	0,193	0,455	0,327	*	0,400	*	*	*	*	0,238	*	0,279
Cr	0,087	0,079	0,088	0,097	0,079	*	0,107	*	*	*	*	*	*	*
Cu	15,30	13,36	14,64	14,06	14,71	*	14,35	*	*	*	*	19,36	*	16,75
Pb	0,089	0,799	0,077	0,040	0,034	*	0,061	*	*	*	*	0,176	*	*
Mn	12,89	10,95	12,12	11,94	12,50	*	12,57	*	*	*	*	14,25	*	11,94
Mo	2,13	1,88	1,78	1,90	1,90	*	2,07	*	*	*	*	2,44	*	2,00
Zn	146,0	95,16	123,1	157,8	170,7	*	123,8	*	*	*	*	271,9	*	96,95
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,538	0,450	0,463	0,730	0,527	*	0,407	*	*	*	*	0,422	*	0,413
Hg	3,36	2,58	3,28	4,12	4,80	*	3,33	*	*	*	*	1,80	*	2,21

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos de *Larus dominicanus* coletados em diferentes locais. Foram excluídos os locais com valores abaixo do critério de frequência satisfatória para análise estatística ($n \geq 4$). Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* obtidos para variável local de coleta indicaram diferença significativa para Cd (5 dos 28 pares comparados), Pb (5 dos 21 pares comparados) e Hg com 8 dos 28 pares de trechos intercomparados. Os valores de probabilidade p dos testes *Kruskal-Wallis* e *Student-Newman-Keuls* são apresentados na Tabela VII.2.5-52, onde são destacados em negrito os pares de trechos com diferenças estatísticas significativas.

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Sula leucogaster* nos diferentes locais de coleta apresentam-se na Tabela VII.2.5-53.

Tabela VII.2.5-52 – Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para Larus dominicanus).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 3	(p) trecho 1/2 e 4	(p) trecho 1/2 e 5	(p) trecho 1/2 e 6	(p) trecho 1/2 e 8	(p) trecho 1/2 e 13	(p) trecho 1/2 e 15	(p) trecho 3 e 4	(p) trecho 3 e 5	(p) trecho 3 e 6
As	0,0817	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0014	0,2235	< 0,0001	0,1624	0,0078	0,7823	0,1770	0,2749	0,0054	0,8598	0,1675
Cr	0,9700	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,3546	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0126	0,2526	0,7553	0,0493	0,0133	0,3347	0,5373	*	0,1674	0,0047	0,0011
Mn	0,1523	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,1682	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0867	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*										
Ba	*										
V	0,0732	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0031	0,2500	0,6318	0,0258	0,0145	0,8517	0,1587	0,2494	0,1242	0,0021	0,0012

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 3 e 8	(p) trecho 3 e 13	(p) trecho 3 e 15	(p) trecho 4 e 5	(p) trecho 4 e 6	(p) trecho 4 e 8	(p) trecho 4 e 13	(p) trecho 4 e 15	(p) trecho 5 e 6	(p) trecho 5 e 8	(p) trecho 5 e 13
As	0,0817	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0377	0,5267	0,4491	0,6973	0,0102	0,2274	0,0043	0,5549	0,2209	0,2306	0,4401	0,5063
Cr	0,9700	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,3546	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0126	0,0802	0,9411	*	0,1065	0,0339	0,4716	0,4544	*	0,5954	0,5844	0,1287
Mn	0,1523	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,1682	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0867	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*											
Ba	*											
V	0,0732	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0031	0,3073	0,3975	0,6285	0,0857	0,0516	0,8741	0,1080	0,1651	0,7680	0,1416	0,0157

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Tabela VII.2.5-52 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 5 e 15	(p) trecho 6 e 8	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 6 e 15	(p) trecho 8 e 13	(p) trecho 8 e 15	(p) trecho 13 e 15
As	0,0817	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0377	0,7792	0,0810	0,9797	0,6373	0,2788	0,4303	0,7217
Cr	0,9700	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,3546	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0126	*	0,3302	0,0740	*	0,2704	*	*
Mn	0,1523	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,1682	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0867	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*							
Ba	*							
V	0,0732	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0031	0,0190	0,0963	0,0111	0,0129	0,1629	0,2540	0,7159

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Tabela VII.2.5-53 – Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Sula leucogaster* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	T14	T15
ET	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)
As	4,19	2,48	*	2,14	1,28	2,19	1,83	2,31	2,39	*	*	0,705	1,10	2,74
Cd	0,658	0,686	*	1,144	0,702	0,563	2,19	1,49	1,21	*	*	0,563	0,824	0,885
Cr	*	*	*	0,105	0,103	0,113	*	*	*	*	*	*	0,181	*
Cu	16,83	14,67	*	17,51	20,79	17,01	20,43	15,62	15,97	*	*	14,42	14,97	17,28
Pb	*	*	*	0,022	0,008	0,015	0,014	*	0,019	*	*	*	0,009	0,031
Mn	19,61	18,71	*	16,47	16,31	15,46	16,42	18,90	15,14	*	*	18,41	15,52	18,41
Mo	2,07	1,88	*	1,81	1,99	1,51	1,79	1,41	1,83	*	*	1,92	1,50	1,85
Zn	130,2	95,63	*	126,0	141,1	116,9	130,6	174,4	135,3	*	*	97,40	109,7	151,9
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,387	0,661	*	1,178	0,649	0,391	0,455	0,264	0,291	*	*	0,683	0,724	0,287
Hg	4,02	4,89	*	54,60	7,97	9,46	19,15	11,07	4,34	*	*	2,11	4,95	7,01

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Comparou-se estatisticamente as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos *Sula leucogaster* coletados em diferentes locais (11 trechos). Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise estatística ($n \geq 4$).

Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* obtidos para variável local de coleta indicaram diferença significativa para As, Cd, Mo, V e Hg. Não se evidenciaram diferenças significativas na comparação entre trechos para os elementos Cr, Cu, Pb, Mn e Zn. Os elementos Ni e Ba não tiveram dados estatisticamente significativos em nenhum dos locais de coleta ($n \geq 4$). Os valores de probabilidade p dos testes *Kruskal-Wallis* e *Student-Newman-Keuls* são apresentados na Tabela VII.2.5-54, onde são destacados em negrito os pares de trechos com diferenças estatísticas significativas.

Dentre os elementos que apresentaram diferenças significativas entre os locais de coleta comparados, As, Cd e Hg apresentaram maior número de diferenças (15 dos 55 pares intercomparados), seguidos pelo Mo com 7 e V com 9 pares com diferenças significativas dos 55 pares intercomparados.

Tabela VII.2.5-54 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Sula leucogaster*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 3	(p) trecho 1/2 e 5	(p) trecho 1/2 e 6	(p) trecho 1/2 e 7	(p) trecho 1/2 e 8	(p) trecho 1/2 e 9	(p) trecho 1/2 e 10	(p) trecho 1/2 e 13	(p) trecho 1/2 e 14	(p) trecho 1/2 e 15
As	0,0027	0,4989	0,0781	0,0350	0,4575	0,30124	0,6677	0,7410	0,0032	0,0079	0,3780
Cd	0,0001	0,8182	0,9666	0,8936	0,6077	0,0042	0,0377	0,1583	0,9119	0,4280	0,3962
Cr	0,1163	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,1112	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,5205	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6494	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0422	0,6010	0,2658	0,6206	0,0397	0,1781	0,0294	0,3291	0,7181	0,0124	0,1630
Zn	0,1974	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*										
Ba	*										
V	0,0102	0,6392	0,3109	0,3250	0,9786	0,7775	0,6462	0,6488	0,1483	0,0500	0,6721
Hg	0,0003	0,5792	0,1781	0,1996	0,2045	0,0019	0,0597	0,5955	0,2233	0,5782	0,1970

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 3 e 5	(p) trecho 3 e 6	(p) trecho 3 e 7	(p) trecho 3 e 8	(p) trecho 3 e 9	(p) trecho 3 e 10	(p) trecho 3 e 13	(p) trecho 3 e 14	(p) trecho 3 e 15	(p) trecho 5 e 6
As	0,0027	0,3118	0,2069	0,9268	0,8316	0,8350	0,6525	0,0253	0,0716	0,9574	0,8851
Cd	0,0001	0,8312	0,8777	0,4254	0,0097	0,0627	0,2521	0,7258	0,6158	0,5708	0,9180
Cr	0,1163	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,1112	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,5205	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6494	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0422	0,5943	0,8735	0,1580	0,4766	0,0919	0,7098	0,8531	0,0657	0,4505	0,3660
Zn	0,1974	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*										
Ba	*										
V	0,0102	0,6218	0,6909	0,5810	0,7745	0,3676	0,3188	0,3392	0,1716	0,3185	0,8503
Hg	0,0003	0,4645	0,5558	0,5590	0,0147	0,1738	0,9130	0,0723	0,8844	0,5412	0,7791

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Tabela VII.2.5-54 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 5 e 7	(p) trecho 5 e 8	(p) trecho 5 e 9	(p) trecho 5 e 10	(p) trecho 5 e 13	(p) trecho 5 e 14	(p) trecho 5 e 15	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 8	(p) trecho 6 e 9
As	0,0027	0,1498	0,2932	0,2421	0,0826	0,1496	0,4382	0,2098	0,0462	0,1390	0,1594
Cd	0,0001	0,5076	0,0009	0,0252	0,1144	0,8664	0,3733	0,3440	0,3359	< 0,0001	0,0164
Cr	0,1163	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,1112	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,5205	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6494	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0422	0,3325	0,8795	0,1769	0,8334	0,4414	0,1405	0,8443	0,0193	0,12053	0,0285
Zn	0,1974	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*										
Ba	*										
V	0,0102	0,1928	0,3314	0,1481	0,0812	0,5816	0,3361	0,0689	0,1591	0,3256	0,1451
Hg	0,0003	0,7859	0,0540	0,4185	0,3148	0,0053	0,2418	0,8167	0,9963	0,0063	0,2662

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 6 e 10	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 6 e 14	(p) trecho 6 e 15	(p) trecho 7 e 8	(p) trecho 7 e 9	(p) trecho 7 e 10	(p) trecho 7 e 13	(p) trecho 7 e 14	(p) trecho 7 e 15
As	0,0027	0,0249	0,1284	0,4183	0,0808	0,6663	0,8683	0,6205	0,0034	0,0047	0,8356
Cd	0,0001	0,0738	0,7752	0,3117	0,2893	< 0,0001	0,0030	0,0102	0,6682	0,0493	0,0511
Cr	0,1163	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,1112	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,5205	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6494	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0422	0,4710	0,9464	0,0021	0,1787	0,3355	0,4664	0,1975	0,0810	0,5572	0,3532
Zn	0,1974	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*										
Ba	*										
V	0,0102	0,0582	0,4229	0,1375	0,0405	0,7152	0,5650	0,5138	0,0719	0,0040	0,5180
Hg	0,0003	0,3645	0,0063	0,2541	0,9595	0,0079	0,2728	0,3728	0,0037	0,2673	0,9641

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD.

Tabela VII.2.5-54 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 8 e 9	(p) trecho 8 e 10	(p) trecho 8 e 13	(p) trecho 8 e 14	(p) trecho 8 e 15	(p) trecho 9 e 10	(p) trecho 9 e 13	(p) trecho 9 e 14	(p) trecho 9 e 15	(p) trecho 10 e 13
As	0,0027	0,6586	0,3880	0,0108	0,0234	0,8228	0,8566	0,0206	0,0574	0,7663	0,0019
Cd	0,0001	0,8617	0,0819	0,0014	0,0016	0,0045	0,2934	0,0236	0,0685	0,0893	0,1040
Cr	0,1163	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,1112	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,5205	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6494	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0422	0,1803	0,6867	0,3222	0,1149	0,9596	0,1173	0,0542	0,7011	0,1880	0,5406
Zn	0,1974										
Ni	*										
Ba	*										
V	0,0102	0,4221	0,3380	0,1357	0,0168	0,3249	0,9213	0,0668	0,0187	0,8739	0,0294
Hg	0,0003	0,5273	0,0013	< 0,0001	0,0001	0,0102	0,1003	0,0019	0,0721	0,2889	0,0464

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 10 e 14	(p) trecho 10 e 15	(p) trecho 13 e 14	(p) trecho 13 e 15	(p) trecho 14 e 15
As	0,0027	0,0030	0,5018	0,3296	0,0060	0,0106
Cd	0,0001	0,3312	0,4125	0,3196	0,2957	0,9026
Cr	0,1163	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,1112	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,5205	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,6494	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0422	0,0644	0,6490	0,0266	0,2989	0,1204
Zn	0,1974	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*					
Ba	*					
V	0,0102	0,0015	0,9397	0,8219	0,0236	0,0004
Hg	0,0003	0,9736	0,3578	0,0291	0,0037	0,2557

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Na Tabela VII.2.5-56 são apresentados os valores de p de *Kruskal-Wallis* e dos *desdobramentos realizados pelo teste Student-Newman-Keuls* para a espécie *Phalacrocorax brasilianus* em função da distribuição por locais de coleta.

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Phalacrocorax brasilianus* nos diferentes locais de coleta se mostram na Tabela VII.2.5-55.

Tabela VII.2.5-55 – Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Phalacrocorax brasilianus* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	T14	T15
ET	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)
As	1,16	*	1,26	*	1,30	1,37	*	*	2,13	*	*	0,528	0,275	0,134
Cd	0,163	*	0,294	*	0,110	0,118	*	*	0,258	*	*	0,053	0,093	0,089
Cr	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,151	0,181	*
Cu	107,3	*	65,67	*	51,79	65,57	*	*	73,65	*	*	57,56	42,16	50,47
Pb	0,015	*		*	0,014	0,045	*	*	0,490	*	*	*	0,027	*
Mn	11,84	*	11,94	*	11,39	13,80	*	*	12,58	*	*	12,56	11,46	10,59
Mo	2,54	*	2,90	*	2,66	3,08	*	*	2,73	*	*	2,32	2,30	2,59
Zn	174,1	*	270,2	*	248,2	261,2	*	*	158,3	*	*	347,4	300,5	325,4
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	1,145	*	0,514	*	0,661	0,649	*	*	0,505	*	*	1,005	0,491	0,640
Hg	6,86	*	5,58	*	4,65	2,70	*	*	3,19	*	*	3,34	3,87	3,68

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Observa-se que os elementos Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, V e Hg não apresentaram diferenças significativas entre os trechos de coleta. Entretanto, como se pode observar, destacados em negrito na Tabela VII.2.5-56, o As apresentou 12 dos 28 pares de trechos com diferenças significativas na comparação da concentração média, seguido pelo Cd com 9 diferenças significativas dentre os 28 pares de trechos intercomparados e o elemento traço Zn com 6 pares de trechos com diferenças significativas dos 28 pares intercomparados.

Tabela VII.2.5-56 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Phalacrocorax brasilianus*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 4	(p) trecho 1/2 e 6	(p) trecho 1/2 e 7	(p) trecho 1/2 e 10	(p) trecho 1/2 e 13	(p) trecho 1/2 e 14	(p) trecho 1/2 e 15	(p) trecho 4 e 6	(p) trecho 4 e 7	(p) trecho 4 e 10
As	0,0000	0,8961	0,8709	0,7685	0,5292	0,4877	0,0023	0,0012	1,0000	0,7047	0,5033
Cd	0,0068	0,8269	0,0778	0,2235	1,0000	0,0121	0,0042	0,0186	0,0878	0,2052	0,8318
Cr	0,4885	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,8365	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,1341	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,3614	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,4475	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0229	0,1982	0,6455	0,5610	0,7603	0,0095	0,0240	0,0565	0,3390	0,4872	0,1305
Ni	*										
Ba	*										
V	0,0574	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,7965	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 4 e 13	(p) trecho 4 e 14	(p) trecho 4 e 15	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 10	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 6 e 14	(p) trecho 6 e 15	(p) trecho 7 e 10	(p) trecho 7 e 13
As	0,0000	0,6507	0,0226	0,0091	0,6486	0,4124	0,5683	0,0017	0,0010	0,7691	0,3512
Cd	0,0068	0,0190	0,0112	0,0269	0,7522	0,0917	0,3986	0,3727	0,4981	0,2392	0,3037
Cr	0,4885	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,8365	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,1341	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,3614	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,4475	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0229	0,3816	0,7498	0,7679	0,8457	0,4462	0,0223	0,0587	0,1201	0,3996	0,0788
Ni	*										
Ba	*										
V	0,0574	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,7965	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

ns = diferenças estatísticas não significativas

Tabela VII.2.5-56 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 7 e 14	(p) trecho 7 e 15	(p) trecho 10 e 13	(p) trecho 10 e 14	(p) trecho 10 e 15	(p) trecho 13 e 14	(p) trecho 13 e 15	(p) trecho 14 e 15
As	0,0000	0,0026	0,0012	0,1891	0,0003	0,0002	0,0198	0,0082	0,3848
Cd	0,0068	0,2858	0,3754	0,0162	0,0070	0,0241	0,8893	0,8713	0,9546
Cr	0,4885	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,8365	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,1341	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,3614	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,4475	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0229	0,1969	0,2566	0,0051	0,0126	0,0322	0,3799	0,4775	0,9858
Ni	*								
Ba	*								
V	0,0574	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,7965	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

ns = diferenças estatísticas não significativas

Ao se comparar estatisticamente as concentrações dos elementos traços na espécie *Fregata magnificens*, observou-se que não houve diferença significativa entre os diferentes trechos de coleta do PMP-BS para os elementos As, Mo e Zn. Salientando que os trechos 6, 7, 8, 14 e 15 foram os únicos trechos com n amostral suficiente para o tratamento estatístico de Kruskal-Wallis (2 ou mais trechos com $n \geq 4$).

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Fregata magnificens* nos diferentes locais de coleta são apresentados na Tabela VII.2.5-57.

Tabela VII.2.5-57 – Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Fregata magnificens* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	T14	T15
ET	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)
As	*	*	*	*	4,57	6,04	7,98	*	*	*	*	*	6,47	2,30
Cd	*	*	*	*	0,390	1,292	1,194	*	*	*	*	*	0,551	1,375
Cr	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cu	*	*	*	*	22,26	34,67	29,19	*	*	*	*	*	21,42	17,39
Pb	*	*	*	*	*	0,021	*	*	*	*	*	*		0,026
Mn	*	*	*	*	10,60	13,76	12,66	*	*	*	*	*	10,56	10,98
Mo	*	*	*	*	1,31	1,48	1,48	*	*	*	*	*	1,23	1,14
Zn	*	*	*	*	111,1	166,3	191,1	*	*	*	*	*	204,8	169,0
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	*	*	*	*	0,698	0,335	0,830	*	*	*	*	*	0,807	0,408
Hg	*	*	*	*	9,07	21,86	7,83	*	*	*	*	*	7,34	5,15

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Os elementos Cd (4 dos 10 pares comparados), Cu (2 dos 10 pares comparados), V (3 dos 10 pares comparados) e Hg (1 dos 10 pares comparados), apresentaram diferença significativa entre os trechos mencionados. Os valores de p de Kruskal-Wallis e os valores de p resultantes do desdobramento pelo método *de Student-Newman-Keuls* para elementos com diferenças significativas (destacados em negrito), são apresentados na Tabela VII.2.5-58. Os elementos Cr, Ni e Ba não foram estatisticamente comparados devido ao baixo número de amostras com concentração acima do LD ($n < 4$).

Tabela VII.2.5-58 – Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Fregata magnificens*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 8	(p) trecho 6 e 14	(p) trecho 6 e 15	(p) trecho 7 e 8	(p) trecho 7 e 14	(p) trecho 7 e 15	(p) trecho 8 e 14	(p) trecho 8 e 15	(p) trecho 14 e 15
As	0,1238	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0091	0,0439	0,1110	0,8247	0,8379	0,9901	0,0226	0,0021	0,1055	0,0349	0,5884
Cr	*										
Cu	0,1112	0,1802	0,3156	0,8916	0,4051	0,9369	0,0557	0,0023	0,1953	0,0422	0,3885
Pb	0,9761	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,2615	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0813	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,4288	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*										
Ba	*										
V	0,0425	0,4665	0,1699	0,3665	0,5605	0,0142	0,0279	0,8727	0,4955	0,0263	0,0585
Hg	0,0179	0,3616	0,7679	0,6092	0,1442	0,1994	0,0591	0,0007	0,8647	0,2680	0,2454

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

ns = diferenças estatísticas não significativas

Tartarugas Marinhas

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos coletados em 14 locais (T = Trecho: T1/2, T03, T04, T05, T06, T07, T08, T09, T10, T11, T12, T13, T14 e T15) para *Chelonia mydas*. Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* indicaram diferença significativa entre as concentrações médias de todos os elementos traço analisados nos mencionados locais. Deste modo, o desdobramento a partir do teste de *Student-Newman-Keuls* foi realizado e os valores *p-Student-Newman-Keuls* são apresentados na Tabela VII.2.5-60, na qual podemos observar, em negrito, os valores *p-Student-Newman-Keuls* para as comparações entre pares de trechos com diferenças estatísticas significativas.

As concentrações médias dos elementos traço analisados, encontradas em *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta são apresentados na Tabela VII.2.5-59.

Tabela VII.2.5-59 – Concentrações médias encontradas para *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	T14	T15
ET	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)
As	16,95	10,71	157,1	10,99	10,42	10,85	11,55	10,6	8,97	7,91	7,36	10,93	9,12	7,95
Cd	22,37	13,86	24,73	22,14	18,95	22,07	25,25	35,16	33,19	43,44	32,68	18,46	16,93	25,45
Cr	0,099	*	0,121	0,134	0,118	0,119	0,148	0,150	0,178	0,087	0,118	0,082	0,136	0,132
Cu	172,8	103,7	231,6	235,1	161,0	191,8	217,2	291,4	225,0	204,9	285,9	176,5	213,3	215,4
Pb	0,349	0,271	0,682	0,810	0,629	1,144	1,253	1,651	0,955	0,798	1,251	0,513	1,387	2,355
Mn	12,87	9,77	10,06	12,62	11,70	10,89	11,50	12,42	11,82	12,27	12,68	11,13	11,06	11,96
Mo	0,904	1,365	0,932	1,061	0,848	1,022	1,144	1,293	1,172	0,948	1,025	0,764	0,706	1,246
Zn	168,3	156,5	140,0	146,2	119,9	131,6	135,6	165,0	159,3	170,6	196,3	128,9	156,3	153,4
Ni	0,328	0,177	0,317	0,264	0,255	0,381	0,330	0,427	0,460	0,415	0,531	0,211	0,242	0,452
Ba	0,149	0,136	0,152	0,228	0,195	0,324	0,198	0,225	0,288	0,191	0,346	0,100	0,089	0,153
V	0,476	1,725	0,584	0,615	0,625	0,886	0,939	1,217	1,348	1,354	1,061	0,603	0,903	1,374
Hg	0,771	0,500	1,057	17,98	0,800	0,891	0,816	1,229	1,165	1,331	1,259	0,838	0,688	0,837

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Com 38 dos 91 pares de trechos intercomparados, os elementos traço Cd e Zn apresentaram maior número de diferenças estatísticas significativas na comparação das concentrações encontradas no tecido hepático de *Chelonia Mydas*, cujos valores p – Kruskal-Wallis se destacam em negrito na Tabela VII.2.5-60. Estes dois elementos foram seguidos em número decrescente de pares com diferença significativa pelos elementos Pb (34 pares), Cu e Hg (31 pares), Ba e V (28 pares), Ni (24 pares), Mo (23 pares), As e Cr (18 pares) e Mn (10 pares).

Tabela VII.2.5-60 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Chelonia mydas*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 3	(p) trecho 1/2 e 4	(p) trecho 1/2 e 5	(p) trecho 1/2 e 6	(p) trecho 1/2 e 7	(p) trecho 1/2 e 8	(p) trecho 1/2 e 9	(p) trecho 1/2 e 10	(p) trecho 1/2 e 11	(p) trecho 1/2 e 12
As	0,0004	0,4810	0,0581	0,0075	0,1464	0,1061	0,0211	0,0048	0,0011	0,0196	0,0126
Cd	0,0000	0,0961	0,8293	0,7931	0,2012	0,5903	0,9373	0,0318	0,0213	0,0053	0,0498
Cr	0,0000	*	0,9139	0,3258	0,9026	0,4746	0,1537	0,0365	0,0416	0,5724	0,7665
Cu	0,0000	0,2195	0,1592	0,0476	0,6756	0,5522	0,11483	0,0001	0,0494	0,8118	0,0069
Pb	0,0000	*	0,1522	0,0828	0,9752	0,1265	0,0099	< 0,0001	0,0002	0,0773	0,0006
Mn	0,0311	0,1159	0,0566	0,7430	0,0713	0,0093	0,0285	0,3378	0,1536	0,5895	0,7836
Mo	0,0000	0,8906	0,9013	0,3555	0,3179	0,9617	0,5100	0,0212	0,0910	0,6806	0,3325
Zn	0,0000	0,4490	0,1746	0,3241	0,0003	0,0156	0,0285	0,4796	0,9513	0,5403	0,0157
Ni	0,0000	*	0,5588	0,5743	0,5443	0,7479	0,8866	0,1086	0,0255	0,2224	0,0357
Ba	0,0000	*	0,7629	0,1152	0,9321	0,1550	0,3866	0,2143	0,0013	0,2738	0,0076
V	0,0000	0,9094	0,4725	0,1629	0,5344	0,1082	0,0092	< 0,0001	< 0,0001	0,0038	0,0042
Hg	0,0000	0,4077	0,3901	0,1542	0,9945	0,6324	0,8705	0,0070	0,0127	0,0610	0,0217

continua

Tabela VII.2.5-60 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 13	(p) trecho 1/2 e 14	(p) trecho 1/2 e 15	(p) trecho 3 e 4	(p) trecho 3 e 5	(p) trecho 3 e 6	(p) trecho 3 e 7	(p) trecho 3 e 8	(p) trecho 3 e 9	(p) trecho 3 e 10
As	0,0004	0,2697	0,1298	0,0004	0,5920	0,5442	0,9254	1,0000	0,7914	0,5853	0,5162
Cd	0,0000	0,1547	0,3650	0,7908	0,0929	0,1123	0,2331	0,1306	0,0696	0,0060	0,0054
Cr	0,0000	0,1870	0,2375	0,5998	*	*	*	*	*	*	*
Cu	0,0000	0,9022	0,3575	0,1012	0,0431	0,0240	0,2641	0,1158	0,0510	0,0021	0,0303
Pb	0,0000	0,8080	0,1078	< 0,0001	*	*	*	*	*	*	*
Mn	0,0311	0,0488	0,2697	0,4498	0,7933	0,1441	0,3910	0,6429	0,4748	0,2198	0,2807
Mo	0,0000	0,1680	0,2626	0,0521	0,9603	0,7498	0,5502	0,9018	0,8857	0,3630	0,5628
Zn	0,0000	0,0053	0,8288	0,7710	0,8808	0,7581	0,4034	0,7528	0,8748	0,2601	0,4003
Ni	0,0000	0,1071	0,4828	0,6689	*	*	*	*	*	*	*
Ba	0,0000	0,1441	0,2782	0,6713	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0000	0,7277	0,1331	0,0389	0,7298	0,5628	0,8733	0,5349	0,3037	0,0789	0,0732
Hg	0,0000	0,7324	0,7467	0,5025	0,1909	0,1173	0,3768	0,2729	0,3383	0,0346	0,0497

continua

Tabela VII.2.5-60 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 3 e 11	(p) trecho 3 e 12	(p) trecho 3 e 13	(p) trecho 3 e 14	(p) trecho 3 e 15	(p) trecho 4 e 5	(p) trecho 4 e 6	(p) trecho 4 e 7	(p) trecho 4 e 8	(p) trecho 4 e 9
As	0,0010	0,4992	0,5431	0,8115	0,7454	0,2652	0,9880	0,2550	0,3302	0,5665	0,9154
Cd	0,0000	0,0012	0,0065	0,2745	0,3453	0,0663	0,6634	0,2383	0,5200	0,8428	0,1857
Cr	0,0000	*	*	*	*	*	0,5229	0,9710	0,6874	0,3708	0,1594
Cu	0,0000	0,1840	0,0075	0,1762	0,0866	0,0358	0,9943	0,0532	0,2425	0,5370	0,2241
Pb	0,0000	*	*	*	*	*	0,8350	0,1022	0,6100	0,8684	0,0905
Mn	0,0311	0,2264	0,1486	0,4586	0,4635	0,2238	0,0718	0,3701	0,7925	0,5032	0,1380
Mo	0,0000	0,9152	0,7083	0,4312	0,3991	0,3895	0,5642	0,3849	0,9154	0,7442	0,1223
Zn	0,0000	0,2756	0,0408	0,6170	0,5790	0,5331	0,4645	0,2858	0,8184	0,9804	0,0381
Ni	0,0000	*	*	*	*	*	0,2885	0,2640	0,3663	0,4303	0,6136
Ba	0,0000	*	*	*	*	*	0,3757	0,6810	0,4830	0,7903	0,5731
V	0,0000	0,1153	0,1612	0,9665	0,3913	0,3429	0,7649	0,7038	0,7177	0,3065	0,0294
Hg	0,0000	0,0583	0,0447	0,4751	0,5814	0,6170	0,8652	0,3224	0,5295	0,3721	0,3218

continua

Tabela VII.2.5-60 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 4 e 10	(p) trecho 4 e 11	(p) trecho 4 e 12	(p) trecho 4 e 13	(p) trecho 4 e 14	(p) trecho 4 e 15	(p) trecho 5 e 6	(p) trecho 5 e 7	(p) trecho 5 e 8	(p) trecho 5 e 9
As	0,0004	0,9640	0,8684	0,9712	0,1829	0,7822	0,4624	0,0487	0,0998	0,3000	0,8376
Cd	0,0000	0,1727	0,0346	0,1823	0,1943	0,3334	0,9840	0,2245	0,7619	0,6272	0,0027
Cr	0,0000	0,1913	0,5684	0,7665	0,2722	0,3507	0,7665	0,2172	0,6481	0,7274	0,2228
Cu	0,0000	0,7678	0,2629	0,4841	0,1324	0,7015	0,8459	0,0009	0,0505	0,2717	0,0428
Pb	0,0000	0,3629	0,8980	0,2041	0,1490	0,8469	0,0335	0,0160	0,6305	0,4898	0,0013
Mn	0,0311	0,2040	0,1816	0,0826	0,4816	0,5206	0,1590	0,0761	0,0062	0,0229	0,4671
Mo	0,0000	0,2969	0,8212	0,5212	0,2461	0,2823	0,1649	0,0110	0,2331	0,5948	0,1184
Zn	0,0000	0,0961	0,0752	0,0009	0,6006	0,3413	0,2316	0,0016	0,0984	0,1741	0,0299
Ni	0,0000	0,3810	0,6405	0,2859	0,0637	0,2718	0,7805	0,9676	0,7131	0,5168	0,0061
Ba	0,0000	0,0569	0,5305	0,0703	0,1550	0,2328	0,9877	0,0200	0,6934	0,2184	0,5244
V	0,0000	0,0226	0,0831	0,1249	0,5776	0,4844	0,3887	0,2310	0,9407	0,2208	0,0018
Hg	0,0000	0,4655	0,4516	0,3289	0,2198	0,3167	0,1539	0,0454	0,1787	0,0582	0,1743

continua

Tabela VII.2.5-60 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 5 e 10	(p) trecho 5 e 11	(p) trecho 5 e 12	(p) trecho 5 e 13	(p) trecho 5 e 14	(p) trecho 5 e 15	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 8	(p) trecho 6 e 9	(p) trecho 6 e 10
As	0,0004	0,9586	0,8399	0,9750	0,0267	0,7217	0,2449	0,7465	0,1506	0,0235	0,0009
Cd	0,0000	0,0008	0,0010	0,0121	0,1673	0,4376	0,5517	0,2583	0,0137	< 0,0001	< 0,0001
Cr	0,0000	0,2753	0,1361	0,6550	0,0036	0,5904	0,6316	0,3401	0,0213	0,0014	0,0003
Cu	0,0000	0,5803	0,1360	0,3197	0,0129	0,6308	0,7667	0,1087	0,0009	< 0,0001	< 0,0001
Pb	0,0000	0,0375	0,6822	0,0350	0,0442	0,6605	0,0006	0,0165	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Mn	0,0311	0,1854	0,7613	0,9749	0,0501	0,3472	0,6104	0,1766	0,5532	0,1866	0,3481
Mo	0,0000	0,4616	0,7156	0,8940	0,0037	0,0596	0,2229	0,1023	0,0028	< 0,0001	< 0,0001
Zn	0,0000	0,1200	0,1299	0,0002	0,0335	0,6372	0,4760	0,0733	0,0062	< 0,0001	< 0,0001
Ni	0,0000	0,0002	0,0658	0,0029	0,2257	0,7368	0,2658	0,6669	0,3946	0,0004	< 0,0001
Ba	0,0000	0,0928	0,8501	0,1651	0,0001	0,0199	0,2117	0,0160	0,0915	0,0314	< 0,0001
V	0,0000	0,0004	0,0511	0,0726	0,1518	0,5645	0,4003	0,1089	0,0005	< 0,0001	< 0,0001
Hg	0,0000	0,3233	0,4229	0,3072	0,0208	0,1613	0,0190	0,4503	0,7827	< 0,0001	< 0,0001

continua

Tabela VII.2.5-60 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 6 e 11	(p) trecho 6 e 12	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 6 e 14	(p) trecho 6 e 15	(p) trecho 7 e 8	(p) trecho 7 e 9	(p) trecho 7 e 10	(p) trecho 7 e 11	(p) trecho 7 e 12
As	0,0004	0,1126	0,0831	0,6446	0,4685	0,0015	0,3296	0,0701	0,0091	0,1673	0,1426
Cd	0,0000	< 0,0001	< 0,0001	0,7608	0,8820	0,0692	0,2919	< 0,0001	< 0,0001	0,0002	0,0021
Cr	0,0000	0,4294	0,5851	0,0239	0,2050	0,5677	0,2746	0,0373	0,0300	0,1973	0,9172
Cu	0,0000	0,5170	< 0,0001	0,4087	0,1787	0,0070	0,1384	< 0,0001	0,0230	0,8180	0,0049
Pb	0,0000	0,0342	< 0,0001	0,7375	0,0688	< 0,0001	0,1167	< 0,0001	0,0004	0,4339	0,0054
Mn	0,0311	0,3723	0,1180	0,7113	0,9923	0,3017	0,3650	0,0113	0,0148	0,1088	0,0158
Mo	0,0000	0,1750	0,0192	0,5112	0,5565	0,0002	0,3223	0,0006	0,0047	0,6539	0,2355
Zn	0,0000	0,0001	< 0,0001	0,2672	0,0227	0,0002	0,5532	< 0,0001	< 0,0001	0,0048	< 0,0001
Ni	0,0000	0,0454	0,0006	0,1060	0,7025	0,2037	0,7485	0,0033	< 0,0001	0,0837	0,0025
Ba	0,0000	0,1611	0,0003	0,0302	0,2370	0,5014	0,3002	0,7692	0,0041	0,9409	0,0576
V	0,0000	0,0029	0,0019	0,6498	0,1979	0,0365	0,1395	0,0002	< 0,0001	0,0398	0,0515
Hg	0,0000	0,0233	0,0037	0,5836	0,7079	0,3592	0,5774	0,0008	0,0007	0,0693	0,0207

continua

Tabela VII.2.5-60 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 7 e 13	(p) trecho 7 e 14	(p) trecho 7 e 15	(p) trecho 8 e 9	(p) trecho 8 e 10	(p) trecho 8 e 11	(p) trecho 8 e 12	(p) trecho 8 e 13	(p) trecho 8 e 14	(p) trecho 8 e 15
As	0,0004	0,4652	0,5666	0,0047	0,2785	0,0525	0,3534	0,3580	0,0767	0,8586	0,0187
Cd	0,0000	0,1867	0,5195	0,3388	0,0003	< 0,0001	0,0007	0,0098	0,0119	0,2691	0,7776
Cr	0,0000	0,0027	0,2050	0,9027	0,2023	0,2208	0,0557	0,4067	< 0,0001	0,6941	0,3663
Cu	0,0000	0,4913	0,5347	0,1406	< 0,0001	0,3048	0,3496	0,0338	0,0388	0,9383	0,5208
Pb	0,0000	0,0605	0,4590	< 0,0001	0,0003	0,0221	0,9954	0,0538	0,0003	0,9204	0,0004
Mn	0,0311	0,3752	0,5583	0,0509	0,0473	0,0687	0,2317	0,0485	0,8958	0,8260	0,1451
Mo	0,0000	0,0346	0,1937	0,0128	0,0034	0,0281	0,9596	0,5409	0,0008	0,1684	0,0275
Zn	0,0000	0,5539	0,1441	0,0185	< 0,0001	< 0,0001	0,0087	< 0,0001	0,2134	0,2112	0,0348
Ni	0,0000	0,0552	0,5711	0,3556	0,0023	< 0,0001	0,1024	0,0026	0,0130	0,4736	0,4440
Ba	0,0000	< 0,0001	0,0259	0,2921	0,4676	< 0,0001	0,5359	0,0069	0,0001	0,0641	0,6897
V	0,0000	0,0664	0,5721	0,3753	0,0048	0,0001	0,1712	0,2712	0,0004	0,9665	0,9265
Hg	0,0000	0,2274	0,4825	0,1558	< 0,0001	< 0,0001	0,0291	0,0047	0,4059	0,6266	0,2582

continua

Tabela VII.2.5-60 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 9 e 10	(p) trecho 9 e 11	(p) trecho 9 e 12	(p) trecho 9 e 13	(p) trecho 9 e 14	(p) trecho 9 e 15	(p) trecho 10 e 11	(p) trecho 10 e 12
As	0,0004	0,6935	0,7161	0,8312	0,0122	0,7947	0,1307	0,8424	0,9963
Cd	0,0000	0,9702	0,1366	0,8068	< 0,0001	0,0113	0,0371	0,1109	0,7716
Cr	0,0000	0,6875	0,0132	0,1181	< 0,0001	0,8993	0,0935	0,0149	0,1422
Cu	0,0000	< 0,0001	0,0023	0,5291	< 0,0001	0,0956	0,0270	0,1753	0,0898
Pb	0,0000	0,0309	0,0708	0,6925	< 0,0001	0,1709	0,3287	0,3719	0,3841
Mn	0,0311	0,4869	0,8574	0,5054	0,1191	0,5617	0,9311	0,6038	0,2507
Mo	0,0000	0,1520	0,1356	0,2291	< 0,0001	0,0039	0,9664	0,3665	0,6514
Zn	0,0000	0,2092	0,9010	0,0180	< 0,0001	0,4584	0,2350	0,4683	0,0008
Ni	0,0000	0,3755	0,9371	0,3168	< 0,0001	0,0545	0,2098	0,7373	0,5749
Ba	0,0000	0,0009	0,8096	0,0337	< 0,0001	0,0355	0,3971	0,1866	0,7550
V	0,0000	0,9767	0,9475	0,5019	< 0,0001	0,2412	0,0555	0,9334	0,4517
Hg	0,0000	0,4446	0,9355	0,9828	< 0,0001	0,0238	< 0,0001	0,7828	0,6615

Tabela VII.2.5-60 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 10 e 13	(p) trecho 10 e 14	(p) trecho 10 e 15	(p) trecho 11 e 12	(p) trecho 11 e 13	(p) trecho 11 e 14	(p) trecho 11 e 15	(p) trecho 12 e 13
As	0,0004	0,0007	0,6753	0,1556	0,8692	0,0726	0,6451	0,4864	0,0489
Cd	0,0000	< 0,0001	0,0089	0,0221	0,2662	< 0,0001	0,0019	0,0064	< 0,0001
Cr	0,0000	< 0,0001	0,9836	0,1099	0,2961	0,6332	0,1174	0,2853	0,0405
Cu	0,0000	0,0024	0,8112	0,9026	0,0290	0,8616	0,5014	0,2261	0,0011
Pb	0,0000	< 0,0001	0,5442	0,0127	0,2003	0,0611	0,9325	0,0237	< 0,0001
Mn	0,0311	0,2136	0,7339	0,5828	0,7568	0,2843	0,5475	0,9194	0,0808
Mo	0,0000	< 0,0001	0,0140	0,3748	0,6550	0,0930	0,1660	0,1949	0,0073
Zn	0,0000	< 0,0001	0,7674	0,6179	0,1231	0,0017	0,4854	0,3623	< 0,0001
Ni	0,0000	< 0,0001	0,0198	0,0489	0,5286	0,0046	0,1000	0,3599	< 0,0001
Ba	0,0000	< 0,0001	0,0006	0,0018	0,2030	0,0106	0,0571	0,4326	< 0,0001
V	0,0000	< 0,0001	0,2196	0,0320	0,6807	0,0019	0,3545	0,2177	0,0012
Hg	0,0000	< 0,0001	0,0396	0,0001	0,9564	0,0122	0,0693	0,0096	0,0016

Tabela VII.2.5-60 (cont.)

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 12 e 14	(p) trecho 12 e 15	(p) trecho 13 e 14	(p) trecho 13 e 15	(p) trecho 14 e 15
As	0,0004	0,7179	0,3104	0,3580	0,0008	0,2710
Cd	0,0000	0,0151	0,0640	0,9934	0,0515	0,2513
Cr	0,0000	0,4153	0,9926	0,0237	0,0304	0,4014
Cu	0,0000	0,2591	0,2234	0,3439	0,0483	0,7835
Pb	0,0000	0,3177	0,2693	0,1022	< 0,0001	0,0691
Mn	0,0311	0,3581	0,6224	0,8749	0,2120	0,5594
Mo	0,0000	0,0589	0,3274	0,7790	< 0,0001	0,0084
Zn	0,0000	0,0381	0,0034	0,0827	0,0056	0,9949
Ni	0,0000	0,0199	0,0667	0,7230	0,0178	0,2908
Ba	0,0000	0,0016	0,0140	0,8553	0,0282	0,1459
V	0,0000	0,5109	0,3413	0,14985	0,0232	0,9907
Hg	0,0000	0,0429	0,0019	0,9042	0,6319	0,8664

Na comparação das concentrações dos elementos traços analisados na espécie *Caretta caretta*, observou-se que não houve diferença significativa entre os trechos 7, 8, 9 e 10 de coleta do PMP-BS. Salienta-se que foram estes os únicos trechos com n amostral suficiente para o tratamento estatístico de Kruskal-Wallis (2 ou mais trechos com $n \geq 4$), com exceção dos elementos Cr e Ni e Ba que somente foi possível a comparação entre os trechos 7 e 8, os únicos com n amostral suficiente com concentração acima do LD. Os valores de p de *Kruskal-Wallis* são apresentados na Tabela VII.2.5-61.

Tabela VII.2.5-61 – Valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* (comparação entre locais para *Caretta caretta*).

Elemento	(p) <i>Kruskal-Wallis</i>
As	0,4855
Cd	0,7846
Cr	0,8011
Cu	0,6136
Pb	0,9401
Mn	0,9307
Mo	0,7910
Zn	0,8707
Ni	0,9648
Ba	0,7401
V	0,2839
Hg	0,9879

Mamíferos Marinhos

Comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos coletados em diferentes locais (5 trechos) para *Sotalia guianensis*. Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise ($n \geq 4$).

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Sotalia guianensis* nos diferentes locais de coleta se apresentam na Tabela VII.2.5-62.

Tabela VII.2.5-62 – Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Sotalia guianensis* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	T14	T15
ET	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)
As	*	*	*	0,570	0,752	1,379	*	*	1,084	*	*	0,544	*	*
Cd	*	*	*		0,349	1,622	*	*	1,060	*	*	0,312	*	*
Cr	*	*	*	0,098	0,081	0,074	*	*	0,089	*	*	0,083	*	*
Cu	*	*	*	180,8	172,8	155,2	*	*	41,49	*	*	109,7	*	*
Pb	*	*	*		0,018	0,051	*	*	0,029	*	*	0,025	*	*
Mn	*	*	*	8,97	11,8	12,3	*	*	11,6	*	*	15,5	*	*
Mo	*	*	*	1,35	1,76	1,49	*	*	1,72	*	*	1,44	*	*
Zn	*	*	*	141,8	252,8	195,8	*	*	227,1	*	*	235,5	*	*
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	*	*	*	0,285	0,341	0,374	*	*	0,385	*	*	0,197	*	*
Hg	*	*	*	3,75	15,4	50,6	*	*	28,9	*	*	8,35	*	*

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD.

Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* obtidos para variável local de coleta em indivíduos *Sotalia guianensis* indicaram diferença significativa para As, Cd, e Hg, conforme apresentado na Tabela VII.2.5-63. Assim, o desdobramento pelo teste *Student-Newman-Keuls*, indicou diferença significativa para concentração média de As em 4 dos 10 pares de trechos estatisticamente comparáveis; Cd (3 dos 6 pares de trechos estatisticamente comparáveis) e Hg com 4 dos 10 pares estatisticamente comparáveis. Os valores p do teste de *Kruskal-Wallis* resultantes do desdobramento pelo teste *Student-Newman-Keuls* cujos pares de trechos intercomparados apresentam diferenças estatísticas significativas estão destacados em negrito na Tabela VII.2.5-63.

Tabela VII.2.5-63 – Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Sotalia guianensis*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 5 e 6	(p) trecho 5 e 7	(p) trecho 5 e 10	(p) trecho 5 e 13	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 10	(p) trecho 6 e 13	(p) trecho 7 e 10	(p) trecho 7 e 13	(p) trecho 10 e 13
As	0,0022	0,1484	0,0369	0,0076	0,9229	0,3273	0,0666	0,0562	0,3718	0,0056	0,0005
Cd	0,0008	*	*	*	*	0,5282	0,0018	0,5700	0,0003	0,9593	0,0005
Cr	0,6445	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,3426	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,1711	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,1044	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,6023	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,6073	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*										
Ba	*										
V	0,6553	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0030	0,1554	0,1337	0,0156	0,7734	0,8782	0,1304	0,0149	0,1848	0,0126	0,0003

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

ns = diferenças estatísticas não significativas

A partir das análises estatísticas, comparou-se as concentrações dos elementos traço obtidos para indivíduos coletados em diferentes locais (6 trechos) para a espécie *Pontoporia blainvillei*. Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise ($n \geq 4$).

As concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos desta espécie nos diferentes locais de coleta, considerando somente os trechos com n amostral adequado ($n \geq 4$) são apresentados na Tabela VII.2.5-64.

Tabela VII.2.5-64 – Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	T14	T15
ET	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)	(mgKg ⁻¹)
As	1,195	*	*	*	1,032	1,146	0,884	0,741	1,041	*	*	*	*	*
Cd	2,697	*	*	*	*	0,466	0,378	*	0,447	*	*	*	*	*
Cr	*	*	*	*	*	*	0,144	0,153	0,076	*	*	*	*	*
Cu	62,82	*	*	*	114,4	42,42	91,31	82,20	75,12	*	*	*	*	*
Pb	0,025	*	*	*	*	0,018	0,012	0,041	0,011	*	*	*	*	*
Mn	15,24	*	*	*	13,14	13,40	14,07	11,91	15,0	*	*	*	*	*
Mo	1,698	*	*	*	*	1,573	1,191	0,574	1,054	*	*	*	*	*
Zn	146,5	*	*	*	199,7	229,4	187,7	241,5	233,4	*	*	*	*	*
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,221	*	*	*		0,469	0,426	0,413	0,410	*	*	*	*	*
Hg	9,47	*	*	*	3,43	2,49	2,44	1,56	1,84	*	*	*	*	*

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* obtidos para variável local indicaram diferença significativa para Mo e Hg. Desta forma, foi realizado o desdobramento pelo teste *Student-Newman-Keuls*. Os valores de probabilidade p -*Kruskal-Wallis* e p -*Student-Newman-Keuls* são apresentados na Tabela VII.2.5-65. O desdobramento indicou diferença significativa para 3 dos 10 pares de trechos intercomparados para o elemento traço Mo e 6 dos 15 pares de trechos intercomparados para As. Os valores de p que indicam diferenças significativas são destacados em negrito na Tabela VII.2.5-65.

Tabela VII.2.5-65 – Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre locais para *Pontoporia blainvillei*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 1/2 e 6	(p) trecho 1/2 e 7	(p) trecho 1/2 e 8	(p) trecho 1/2 e 9	(p) trecho 1/2 e 10	(p) trecho 6 e 7	(p) trecho 6 e 8	(p) trecho 6 e 9	(p) trecho 6 e 10	(p) trecho 7 e 8
As	0,4739	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,1940	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,1130	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6955	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,1589	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,3524	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0183	*	0,9113	0,4267	0,0583	0,2520	*	*	*	*	0,1073
Zn	0,3646	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*										
Ba	*										
V	0,8945	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0072	0,6782	0,1006	0,0892	0,0131	0,0033	0,2665	0,2497	0,0500	0,0164	0,9972

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	(p) trecho 7 e 9	(p) trecho 7 e 10	(p) trecho 8 e 9	(p) trecho 8 e 10	(p) trecho 9 e 10
As	0,4739	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,1940	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,1130	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6955	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,1589	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,3524	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0183	0,0013	0,0313	0,0452	0,4876	0,1858
Zn	0,3646	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*					
Ba	*					
V	0,8945	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0072	0,1621	0,0299	0,1274	0,0156	0,5474

*Ni e Ba não foram estatisticamente comparados, pois não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
ns = diferenças estatísticas não significativas

Dentre todos os locais onde os indivíduos da espécie *Arctocephalus australis* foram encontrados, somente os trechos T1/2 (n = 16), T03 (n = 4) e T04 (n = 4) atendem ao critério de frequência satisfatório para análise estatística ($n \geq 4$). O número máximo de ocorrência para os outros trechos foi igual ou menor que três ($n \leq 3$). Na Tabela VII.2.5-66 são apresentadas as concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos desta espécie nos diferentes locais de coleta.

Tabela VII.2.5-66 – Concentrações médias encontradas para os elementos traço analisados nos indivíduos de *Arctocephalus australis* nos diferentes locais de coleta.

Trecho	T1/2 (mgKg ⁻¹)	T03 (mgKg ⁻¹)	T04 (mgKg ⁻¹)
ET			
As	1,20	1,25	2,00
Cd	31,54	26,79	36,81
Cr	*	*	*
Cu	60,29	57,29	24,12
Pb	0,0036	0,0052	*
Mn	22,22	19,74	14,41
Mo	1,93	1,71	2,31
Zn	199,5	179,5	242,5
Ni	*	*	*
Ba	*	*	*
V	0,688	0,703	0,771
Hg	22,4	39,1	31,0

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Os valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* obtidos para variável local de coleta indicaram ausência de diferença significativa entre os três locais com n satisfatório para todos os elementos analisados. As (p= 0,9316); Cd (p= 0,6840); Cu (p= 0,1078); Pb (p= 0,1855); Mn (p= 0,1395); Mo (p= 0,6157); Zn (p= 0,6620); V (p= 0,6356) e Hg (p= 0,0565).

Estatística temporal (ano de coleta)

Desde o relatório técnico anual N° 4 (RTA4) foi incluída uma comparação estatística da variação da concentração dos elementos traço em função do ano em que os indivíduos das diferentes espécies foram coletados.

Aves Marinhas

Na Tabela VII.2.5-67 são apresentadas as concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ($n \geq 4$).

Tabela VII.2.5-67 – Concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ($n \geq 4$).

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Elemento	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)
As	*	4,52	6,33	5,33	5,54	5,02	8,58
Cd	*	23,26	22,90	24,72	52,73	46,10	37,18
Cr	*	0,085	0,142	0,089	0,073	0,081	0,126
Cu	*	16,06	27,12	23,96	40,74	34,96	34,49
Pb	*	0,020	0,016	0,014	0,030	0,023	0,033
Mn	*	6,21	8,19	6,97	7,58	7,71	7,88
Mo	*	4,20	3,50	3,65	4,33	4,88	4,54
Zn	*	163,1	264,7	224,6	298,0	262,3	259,9
Ni	*	*	0,065	0,074	0,079	0,064	0,070
Ba	*	*	0,070	0,053	0,054	0,061	0,086
V	*	0,086	1,129	0,141	0,505	0,149	0,683
Hg	*	2,81	3,75	6,90	6,14	6,70	7,33

Os resultados da análise da variância, teste de *Kruskal-Wallis*, aplicado aos resultados das concentrações dos elementos traço analisados em *Spheniscus magellanicus* são apresentados na Tabela VII.2.5-68. De todos os elementos traço analisados, somente o As não apresentou diferenças significativas entre as médias das concentrações dos diferentes anos de coleta. Os demais elementos

apresentaram diferenças significativas ao se comparar o conjunto de todos os anos pelo teste de *Kruskal-Wallis*.

Quando aplicado o desdobramento pelo teste de *Student-Newman-Keuls* para comparação entre pares de anos, o V foi o elemento com maiores diferenças significativas, 14 pares de 15 combinações possíveis entre 2016/17/18/19/20/21; seguidos pelo Cd com 13 pares significativamente diferentes, logo Cu e Zn com 11 dos 15 pares com diferenças significativas, Mn e Hg com 8 pares significativamente diferentes dentre os 15 pares possíveis, Mo e Pb apresentara 7 pares de anos significativamente diferentes e Cr com 6 pares de anos significativamente diferentes entre si. O Ni com apenas 1 (hum) par de anos com diferenças significativas dentre os 10 pares intercomparados e o elemento traço Cr não apresentou diferenças significativas entre os anos de coleta

Tabela VII.2.5-68 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Spheniscus magellanicus*). Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2015-16	2015-17	2015-18	2015-19	2015-20	2015-21	2016-17	2016-18	2016-19	2016-20	2016-21
As	0,0000	*	*	*	*	*	*	0,1360	0,3484	0,3054	0,8310	0,0002
Cd	0,0000	*	*	*	*	*	*	0,0159	0,0057	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Cr	0,0000	*	*	*	*	*	*	0,0833	0,9276	0,7063	0,4956	0,0595
Cu	0,0000	*	*	*	*	*	*	0,0016	0,0059	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Pb	0,0000	*	*	*	*	*	*	0,1882	0,1177	0,8753	0,2424	0,0080
Mn	0,0000	*	*	*	*	*	*	0,0023	0,1292	0,0042	0,0012	0,0004
Mo	0,0000	*	*	*	*	*	*	0,2099	0,3226	0,4747	0,0532	0,2499
Zn	0,0000	*	*	*	*	*	*	0,0006	0,0057	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Ni	0,0002	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	0,0005	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0000	*	*	*	*	*	*	0,0002	0,1979	< 0,0001	0,0122	< 0,0001
Hg	0,0000	*	*	*	*	*	*	0,2681	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2017-18	2017-19	2017-20	2017-21	2018-19	2018-20	2018-21	2019-20	2019-21	2020-21
As	0,0000	0,2819	0,4511	0,0230	0,0025	0,7950	0,0713	< 0,0001	0,1030	< 0,0001	< 0,0001
Cd	0,0000	0,9118	< 0,0001	0,0001	0,0425	< 0,0001	< 0,0001	0,0055	0,1908	0,0028	0,0113
Cr	0,0000	0,0027	0,0023	< 0,0001	0,9606	0,5942	0,1552	< 0,0001	0,6230	0,0001	< 0,0001
Cu	0,0000	0,2535	0,0272	0,0022	0,0130	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,6103	0,9751	0,5451
Pb	0,0000	0,8872	0,0322	0,6090	0,0792	0,0029	0,2960	0,0196	0,0153	< 0,0001	0,0003
Mn	0,0000	0,0053	0,6463	0,7124	0,8105	0,0084	< 0,0001	< 0,0001	0,8319	0,3861	0,3445
Mo	0,0000	0,5430	0,0047	< 0,0001	0,0002	0,0026	< 0,0001	< 0,0001	0,0365	0,5003	0,0859
Zn	0,0000	0,1103	0,0023	0,2722	0,5821	< 0,0001	< 0,0001	0,0022	0,0027	0,0011	0,4436
Ni	0,0002	0,3176	0,0929	0,9855	0,3047	0,2944	0,1010	0,9488	0,0184	0,3307	0,1018
Ba	0,0005	0,0667	0,1543	0,4010	0,2580	0,7969	0,0833	0,3322	0,3075	0,6007	0,5721
V	0,0000	< 0,0001	0,0039	0,0072	< 0,0001	< 0,0001	0,0041	< 0,0001	< 0,0001	0,0013	< 0,0001
Hg	0,0000	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,2318	0,8301	0,1336	0,1478	0,0180	0,1398

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.

ns = diferenças estatísticas não significativas

Na Tabela VII.2.5-69 são apresentados os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Larus dominicanus* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que para esta espécie somente o elemento traço V apresentou diferença significativa entre os anos de coleta 2019 e 2020, destacados em negrito.

Tabela VII.2.5-69 – Valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* (comparação entre anos da coleta para *Larus dominicanus*). Desdobramento realizado pelo teste *Student-Newman-Keuls*.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	#Anos de coleta comparados
As	0,8440	2017/18/19/20/21
Cd	0,4371	2017/18/19/20/21
Cr	0,1517	2018/19/20/21
Cu	0,1617	2017/18/19/20/21
Pb	0,0746	2017/18/19/20/21
Mn	0,1862	2017/18/19/20/21
Mo	0,1032	2017/18/19/20/21
Zn	0,6903	2017/18/19/20/21
Ni	0,8175	2018/19
Ba	*	
V	0,0404	2017/18/ 19/20 /21
Hg	0,4151	2017/18/19/20/21

*Dados estatísticos insuficientes ($n < 4$) superior ao LD.

anos com dados amostrais suficientes

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si segundo teste *Student-Newman-Keuls*.

Na Tabela VII.2.5-70 são apresentados os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Sula leucogaster* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que para esta espécie não houve diferença significativa entre os anos de coleta, com exceção do V (6 dos 15 pares de anos intercomparados) e Hg (4 dos 15 pares de anos intercomparados), respectivamente.

Tabela VII.2.5-70 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Sula leucogaster*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2016-17	2016-18	2016-19	2016-20	2016-21	2017-18	2017-19	2017-20	2017-21	2018-19
As	0,7668	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,2243	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,1241	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6006	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,5223	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,2084	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,1715	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,4553	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0010	0,5750	0,0080	0,0054	0,3688	0,0316	0,0785	0,0650	0,8955	0,1706	0,9452
Hg	0,0119	0,6436	0,1849	0,2059	0,0064	0,5166	0,5148	0,5668	0,0516	0,9395	0,8493

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2018-20	2018-21	2019-20	2019-21	2020-21
As	0,7668	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,2243	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,1241	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,6006	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,5223	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,2084	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,1715	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,4553	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*
V	0,0010	0,0028	0,6914	0,0007	0,6350	0,0489
Hg	0,0119	0,0181	0,4103	0,0049	0,4655	0,0068

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.

ns = diferenças estatísticas não significativas

Os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a análise da variância das concentrações dos elementos traço analisados na espécie *Phalacrocorax brasilianus* em relação à variável ano da coleta, são apresentados na Tabela VII.2.5-71. Os dados demonstram ausência de diferenças significativas ao longo dos anos, com exceção do elemento traço Pb que apresentou diferenças significativas na comparação entre os anos 2019 e 2021. Ressalta-se que os anos de coleta 2015, 2016 e 2017 não tiveram número de indivíduos coletados acima de 4 (n amostral). Os elementos traço Ni e Ba não apresentaram dados suficientes para o tratamento estatístico.

Tabela VII.2.5-71 – Valores de probabilidade p do teste de *Kruskal-Wallis* (comparação entre anos da coleta para *Phalacrocorax brasilianus*). Desdobramento realizado pelo teste *Student-Newman-Keuls*.

Elemento	(p) <i>Kruskal-Wallis</i>	#Anos de coleta comparados
As	0,4355	2018/19/20/21
Cd	0,1045	2018/19/20/21
Cr	0,5374	2018/20/21
Cu	0,0637	2018/19/20/21
Pb	0,0061	2018/19/20/21
Mn	0,1165	2018/19/20/21
Mo	0,1075	2018/19/20/21
Zn	0,1380	2018/19/20/21
Ni	*	*
Ba	*	*
V	0,0584	2018/19/20/21
Hg	0,5796	2017/18/19/20/21

*Dados estatísticos insuficientes ($n < 4$) superior ao LD.

Na Tabela VII.2.5-72 são apresentados os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Fregata magnificens* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que para esta espécie não houve diferença significativa entre os anos de coleta, com exceção do elemento traço V que apresentou diferenças significativas entre as concentrações médias de indivíduos coletados ao longo do ano de 2018 com os anos 2017, 2019 e 2020, como também houve diferenças significativas entre os anos 2019 e 2021.

Tabela VII.2.5-72 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Fregata magnificens*). Desdobramento realizado pelo teste *Student-Newman-Keuls*.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2017-18	2018-19	2018-20	2019-21
As	0,6707	2017/18/19/20/21			
Cd	0,2621	2017/18/19/20/21			
Cr	0,8532	2018/20			
Cu	0,3597	2017/18/19/20/21			
Pb	0,5083	2018/19/20			
Mn	0,2737	2017/18/19/20/21			
Mo	0,3351	2017/18/19/20/21			
Zn	0,0952	2017/18/19/20/21			
Ni	*				
Ba	*				
V	0,0027	0,0146	0,0007	0,0027	0,0351
Hg	0,8626				

*Dados estatísticos insuficientes ($n < 4$) superior ao LD.

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si segundo teste *Student-Newman-Keuls*.

Tartarugas Marinhas

Na Tabela VII.2.5-73 são apresentadas as concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos desta espécie nos diferentes locais de coleta, considerando somente os anos com *n* amostral adequado ($n \geq 4$).

Tabela VII.2.5-73 – Concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Chelonia Mydas* nos diferentes locais de coleta, considerando somente os anos com *n* amostral adequado (*n* ≥ 4)

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Elemento	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)
As	12,71	8,81	10,58	7,68	9,46	19,14	7,38
Cd	11,24	21,36	27,0	26,14	35,07	24,61	24,35
Cr	-----	0,126	0,121	0,115	0,157	0,222	0,161
Cu	162,8	201,4	218,6	198,4	231,3	227,9	229,2
Pb	0,427	0,552	0,781	0,822	1,764	1,167	1,143
Mn	13,08	11,76	12,33	11,13	11,76	11,82	11,70
Mo	1,127	1,025	1,060	0,943	1,408	1,000	0,956
Zn	131,5	149,9	153,5	142,2	156,8	138,1	130,0
Ni		0,258	0,363	0,370	0,515	0,332	0,257
Ba	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
V	0,500	0,589	0,630	0,969	1,578	1,268	1,142
Hg	0,447	0,687	3,686	1,008	1,202	1,136	1,081

O elemento traço Ni apresentou maior proporção de pares de anos significativamente diferentes (10 de 15 pares intercomparados), seguido pelo elemento V (13 dos 21 pares), Cd (10 dos 21 pares), Cr (7 dos 15 pares intercomparados), Hg (8 dos 21 pares), Mo (7 dos 21 pares), As, Pb e Zn (6 dos 21 pares), Cu (4 dos 21 pares) e Mn (3 dos 21 pares) com a menor variação entre os anos estatisticamente comparados. Destacam-se em **negrito**, na Tabela VII.2.5-74, os valores de *p* de *Kruskal-Wallis* resultantes do desdobramento *Student-Newman-Keuls* cujos valores evidenciam diferenças significativas entre os anos comparados.

Na Tabela VII.2.5-74 são apresentados os valores de *p* do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Chelonia mydas* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que todos os elementos apresentaram diferenças significativas da concentração média quando aplicado o teste de *Kruskal-Wallis* na comparação entre todos os anos. Entretanto, quando aplicado o desdobramento pelo método de *Student-Newman-Keuls*, comparação entre pares de anos observou-se

diferentes comportamentos para cada um dos pares de anos comparados para cada elemento traço.

**Tabela VII.2.5-74 – Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Chelonia mydas*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.**

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2015-16	2015-17	2015-18	2015-19	2015-20	2015-21	2016-17	2016-18	2016-19	2016-20	2016-21
As	0,0000	0,6668	0,9308	0,4431	0,2751	0,8494	0,4325	0,1148	0,3334	0,0605	0,0862	0,3697
Cd	0,0004	0,0582	0,0096	0,0140	0,0018	0,0273	0,0199	0,0589	0,1329	0,0007	0,4512	0,2854
Cr	0,0000	*	*	*	*	*	*	0,9177	0,6336	0,0334	0,0046	0,5668
Cu	0,0069	0,5748	0,3131	0,6299	0,1850	0,3723	0,2323	0,2014	0,7695	0,0303	0,3819	0,1077
Pb	0,0000	0,7027	0,4075	0,4330	0,0231	0,3522	0,3266	0,1967	0,2418	< 0,0001	0,1396	0,1274
Mn	0,0026	0,4665	0,7883	0,2352	0,4144	0,4354	0,2825	0,1517	0,1918	0,8449	0,9180	0,3838
Mo	0,0000	0,4468	0,4310	0,1863	0,8528	0,2398	0,1591	0,9937	0,1077	0,0051	0,2750	0,1011
Zn	0,0005	0,2226	0,1832	0,4544	0,1244	0,5713	0,5534	0,8287	0,1245	0,4129	0,0646	0,1033
Ni	0,0000	*	*	*	*	*	*	0,0288	0,0200	< 0,0001	0,1882	0,5120
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0000	0,9638	0,8053	0,2759	0,0164	0,3010	0,0733	0,5531	0,0006	< 0,0001	0,0032	< 0,0001
Hg	0,0000	0,4591	0,0953	0,0369	0,0149	0,0463	0,0323	0,0072	< 0,0001	< 0,0001	0,0007	0,0004
Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2017-18	2017-19	2017-20	2017-21	2018-19	2018-20	2018-21	2019-20	2019-21	2020-21	
As	0,0000	< 0,0001	< 0,0001	0,6982	0,0041	0,1549	0,0003	0,9033	< 0,0001	0,3624	0,0041	
Cd	0,0004	0,5290	0,0219	0,1883	0,5010	0,0033	0,4071	0,8112	0,0015	0,0190	0,6693	
Cr	0,0000	0,5668	0,0011	< 0,0001	0,3945	0,0001	< 0,0001	0,2046	0,2686	0,1130	0,0177	
Cu	0,0069	0,0146	0,1757	0,6957	0,4913	0,0002	0,1130	0,0153	0,1318	0,7364	0,3569	
Pb	0,0000	0,8340	< 0,0001	0,6765	0,5717	< 0,0001	0,5517	0,4705	< 0,0001	< 0,0001	0,8576	
Mn	0,0026	< 0,0001	0,0204	0,0547	0,0073	0,1136	0,1365	0,7787	0,9166	0,3820	0,3707	
Mo	0,0000	0,0137	< 0,0001	0,1379	0,0351	< 0,0001	0,6241	0,6926	< 0,0001	< 0,0001	0,4686	
Zn	0,0005	0,0069	0,3737	0,0052	0,0194	0,0006	0,5127	0,6452	0,0006	0,0036	0,9232	
Ni	0,0000	0,8604	< 0,0001	0,3597	0,0013	< 0,0001	0,2819	0,0007	< 0,0001	< 0,0001	0,0304	
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
V	0,0000	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,8764	0,0149	< 0,0001	0,0727	0,0235	
Hg	0,0000	0,0539	0,0011	0,1983	0,0922	0,1202	0,7986	0,7302	0,1314	0,4278	0,6172	

*Cr e Ni não apresentaram dados suficientes para a análise estatística no ano de 2015 ($n < 4$) superior ao LD. *Ba não dados estatísticos suficientes.

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si segundo teste *Student-Newman-Keuls*.

ns = diferenças estatísticas não significativas

De igual modo, a análise da variância das concentrações dos elementos traço em função do ano da coleta, realizado mediante o teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Caretta caretta*, apresentados na Tabela VII.2.5-76, revelou ausência de diferenças significativas para todos os elementos traço analisados, com exceção do elemento As, o qual apresentou diferenças significativas entre as médias das concentrações nos 5 anos com dados estatístico suficientes (2016, 2018, 2019, 2020 e 2021).

Na Tabela VII.2.5-75 são apresentadas as concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos desta espécie nos diferentes locais de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ($n \geq 4$).

Tabela VII.2.5-75 – Concentrações médias dos elementos traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Caretta caretta* nos diferentes locais de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado ($n \geq 4$)

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Elemento	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. (mg Kg ⁻¹)	Conc.méd. mg Kg ⁻¹
As	*	9,14	*	11,65	32,15	30,83	54,81
Cd	*	12,77	*	26,84	21,72	33,33	73,40
Cr	*	*	*	0,150	0,122	0,156	0,266
Cu	*	41,48	*	21,35	34,19	28,00	43,01
Pb	*	0,196	*	0,207	4,466	0,246	0,350
Mn	*	4,47	*	5,36	6,78	6,33	9,00
Mo	*	0,515	*	0,971	0,864	0,478	1,167
Zn	*	76,08	*	88,81	98,79	103,9	121,0
Ni	*	*	*	0,555	0,259		0,198
Ba	*	*	*	*	*	*	*
V	*	0,495	*	1,053	1,665	1,406	6,244
Hg	*	0,508	*	5,79	1,78	1,07	2,81

* não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

O elemento traço Ni apresentou maior proporção de pares de anos significativamente diferentes (10 de 15 pares intercomparados), seguido pelo elemento V (13 dos 21 pares), Cd (10 dos 21 pares), Cr (7 dos 15 pares intercomparados), Hg (8 dos 21 pares), Mo (7 dos 21 pares), As, Pb e Zn (6 dos 21

pares), Cu (4 dos 21 pares) e Mn (3 dos 21 pares) com a menor variação entre os anos estatisticamente comparados. Destacam-se em **negrito**, na Tabela VII.2.5-76, os valores de *p* de *Kruskal-Wallis* resultantes do desdobramento *Student-Newman-Keuls* cujos valores evidenciam diferenças significativas entre os anos comparados.

Tabela VII.2.5-76 – Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Caretta caretta*).

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2015-16	2015-17	2015-18	2015-19	2015-20	2015-21	2016-17	2016-18	2016-19	2016-20	2016-21
As	0,0039	*	*	*	*	*	*	*	0,8328	0,6848	0,0472	0,0048
Cd	0,0637	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns
Cr	0,7840	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cu	0,5946	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns
Pb	0,7257	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns
Mn	0,2487	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns
Mo	0,1671	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns
Zn	0,6205	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns
Ni	0,5419	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	0,7130	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0850	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns
Hg	0,1757	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2017-18	2017-19	2017-20	2017-21	2018-19	2018-20	2018-21	2019-20	2019-21	2020-21
As	0,0000	*	*	*	*	0,8160	0,0299	0,0020	0,0525	0,0039	0,2348
Cd	0,0637	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,7840	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,5946	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,7257	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,2487	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,1671	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,6205	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,5419	*	*	*	*	ns	*	ns	*	ns	*
Ba	0,7130	*	*	*	*	*	ns	ns	*	*	ns
V	0,0850	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hg	0,0000	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.

ns = diferenças estatísticas não significativas

Mamíferos Marinhos

Na Tabela VII.2.5-77 são apresentados os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Pontoporia blainvillei* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que para esta espécie, os elementos traço Cd, Mo, Zn, apresentaram diferenças significativas em 3 dos 15 pares intercomparados, o elemento Hg apresentou diferenças significativas em 4 dos 15 pares de anos intercomparados, o V em 5 dos 15 pares e o elemento Cr apresentou diferenças significativas em 2 dos 3 pares de anos intercomparados.

Não houve tratamento estatístico para os elementos Ni e Ba, pois apresentaram quantidade insuficiente de dados ($n = <4$).

**Tabela VII.2.5-77 – Valores de probabilidade p do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Pontoporia blainvillei*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.**

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2016-17	2016-18	2016-19	2016-20	2016-21	2017-18	2017-19	2017-20	2017-21	2018-19
As	0,0505	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0171	0,4022	0,4428	0,4162	0,1799	0,7069	0,0210	0,0231	0,0017	0,6616	0,9263
Cr	0,0001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,8588
Cu	0,0690	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,2692	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,7687	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0123	0,6269	0,2948	0,6770	0,0661	0,6742	0,0271	0,2147	0,0008	0,9959	0,4077
Zn	0,0387	0,2357	0,7226	0,6403	0,2544	0,8324	0,2369	0,3449	0,0008	0,3026	0,8663
Ni	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0003	0,0320	0,6646	0,2837	0,7501	0,9589	0,0002	< 0,0001	0,0092	0,0155	0,3705
Hg	0,0240	0,0530	0,0077	0,0155	0,3551	0,3714	0,2718	0,4258	0,1555	0,3316	0,8136

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2018-20	2018-21	2019-20	2019-21	2020-21
As	0,0505	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0171	0,4172	0,1880	0,4998	0,1785	0,0518
Cr	0,0001	0,0005	*	0,0006	*	*
Cu	0,0690	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,2692	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,7687	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,0123	0,2636	0,0931	0,0594	0,3332	0,0109
Zn	0,0387	0,0345	0,9035	0,0302	0,8023	0,1295
Ni	*	*	*	*	*	*
Ba	*	*	*	*	*	*
V	0,0003	0,2875	0,6819	0,0572	0,2692	0,6788
Hg	0,0240	0,0138	0,0733	0,0362	0,1226	0,9063

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística (n < 4) superior ao LD.

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.

ns = diferenças estatísticas não significativas

Na Tabela VII.2.5-78 são apresentados os valores de p do teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Sotalia guianensis* em relação a variável ano da coleta. Observa-se que para esta espécie não houve diferença significativa entre os anos de coleta, com exceção do elemento traço V cuja concentração média ao longo do ano 2017 ($0,126 \text{ mg kg}^{-1}$) foi considerada diferente da concentração média nos anos 2016, 2018, 2019 e 2021 ($0,263$; $0,346$, $0,529$ e $0,385 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente). O elemento traço Ba não foi analisado devido à quantidade insuficiente de dados.

Tabela VII.2.5-78 – Valores de probabilidade *p* do teste de Kruskal-Wallis (comparação entre anos da coleta para *Sotalia guianensis*).
Desdobramento realizado pelo teste Student-Newman-Keuls.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2016-17	2016-18	2016-19	2016-20	2016-21	2017-18	2017-19	2017-20	2017-21	2018-19
As	0,4366	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,5498	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,4605	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,7506	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,1671	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,2710	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,6017	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,2463	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,9362	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
V	0,0059	0,0432	0,9966	0,3899	0,3341	0,5372	0,0076	0,0007	0,3796	0,0036	0,2783
Hg	0,3590	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2018-20	2018-21	2019-20	2019-21	2020-21
As	0,4366	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,5498	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	0,4605	ns	ns	ns	ns	ns
Cu	0,7506	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,1671	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,2710	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,6017	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,2463	ns	ns	ns	ns	ns
Ni	0,9362	ns	ns	ns	ns	ns
Ba	*	*	*	*	*	*
V	0,0059	0,2471	0,4490	0,0542	0,8233	0,1031
Hg	0,3590	ns	ns	ns	ns	ns

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.

Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.

ns = diferenças estatísticas não significativas

Os resultados da análise da variância das concentrações dos elementos traço em função do ano da coleta, realizado mediante o teste de *Kruskal-Wallis* para a espécie *Arctocephalus australis*, são apresentados na Tabela VII.2.5-79. Para esta espécie, somente o elemento traço Zn apresentou diferenças significativas entre os dados correspondentes ao ano 2017 com os dados de 2018 e 2019, com concentrações médias de 274,9; 198,3 e 170,5 mg kg⁻¹, respectivamente. Os elementos Cr, Ni e Ba não foram analisados estatisticamente por não possuir dados suficientes ($n \geq 4$ e 4 ou mais dados com valor acima do limite de detecção do elemento).

Tabela VII.2.5-79 – Valores de probabilidade *p* do teste de *Kruskal-Wallis* (comparação entre anos da coleta para *Arctocephalus australis*). Desdobramento realizado pelo teste *Student-Newman-Keuls*.

Elemento	(p) Kruskal-Wallis	2017 2018	2017 2019	2017 2020	2018 2019	2018 2020	2019 2020
As	0,8568	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cd	0,0559	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cr	*						
Cu	0,5125	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pb	0,0642	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	0,8009	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mo	0,4587	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Zn	0,0270	0,0476	0,0204	0,0069	0,4232	0,2228	0,7263
Ni	*						
Ba	*						
V	0,1713	ns	ns	ns	ns	ns	ns
nHg	0,2847	ns	ns	ns	ns	ns	ns

(*) anos que não apresentaram dados suficientes para a análise estatística ($n < 4$) superior ao LD.
Valores em negrito = anos significativamente diferentes entre si, segundo teste *Student-Newman-Keuls*.
ns = diferenças estatísticas não significativas

VII.3 DISCUSSÃO

VII.3.1 Aves Marinhas

Spheniscus magellanicus

Comparando o intervalo de concentrações obtidas nos tecidos hepático de *Spheniscus magellanicus* com outras espécies de aves marinhas, observa-se que dos elementos traço analisados, 6 elementos ultrapassaram os valores máximos anteriormente encontrados na literatura para amostras de tecido hepático de aves marinhas no período de 2006 a 2016 (Tabela VII-1), sendo eles As ($30,9 \text{ mg kg}^{-1}$), Cd ($275,7 \text{ mg kg}^{-1}$), Mn ($29,3 \text{ mg kg}^{-1}$), Mo ($10,3 \text{ mg kg}^{-1}$), Zn ($869,0 \text{ mg kg}^{-1}$) e Hg ($29,0 \text{ mg kg}^{-1}$). Contudo, embora estes seis elementos tenham apresentado valores máximos acima dos valores máximos relatados na literatura científica, suas médias e medianas (Tabela VII.2.3-1) se mantêm dentro (ou muito próximo) do intervalo apresentado na Tabela VII-1. Outros elementos (Cr, Cu, Pb, Ni e Hg) estiveram dentro do intervalo. Para esta espécie, torna-se difícil a comparação dos resultados obtidos para Ba e V pela falta de informação na literatura.

Encontraram-se apenas três artigos envolvendo a determinação de elementos traço em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Além disso, são apenas três os elementos traço determinados (Cd, Pb e Hg). Dois novos artigos científicos, Quadri-Adrogué *et al.* (2021) e Dodino *et al.* (2022) foram encontrados no período entre o anterior (4º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traços) e o presente relatório, entretanto ambos os artigos abordam somente a determinação de Hg e ambos os artigos empregaram amostras de penas e não de tecido hepático.

Para efeito de comparação, Vega *et al.* (2010) relataram concentrações médias de Cd e Hg em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus* de $8,6$ e $1,6 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente, para indivíduos coletados na costa norte do Rio de Janeiro. Concentrações médias de Cd e Hg de $3,3$ e $0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente, para indivíduos na costa norte Rio Grande do

Sul. Também, relataram que a concentração de Pb nos indivíduos coletados ($n = 47$) foram inferiores a $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$. Os autores consideram dois fatores que potencialmente afetariam a concentração de metais na espécie: local e tecido. Também relatam que as concentrações de Cd e Hg encontradas nos dois locais estudados (Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul) foram significativamente diferentes.

Em um trabalho mais recente, Kehrig *et al* (2015) relataram concentrações médias de Cd, Pb e Hg em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus* de 7,5; 0,58; $5,7 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente, para indivíduos encalhados ao longo da costa do Rio Grande do Sul. Os autores consideram dois fatores que potencialmente afetariam a concentração de metais na espécie: sexo e tecido amostrado.

No estudo de Moura *et. al.* (2018), foram relatadas concentrações de Hg variando de $0,1$ a $9,7 \mu\text{g g}^{-1}$ (peso úmido), com média de $1,82 \pm 1,61 \mu\text{g g}^{-1}$. Os espécimes foram coletados em três pontos da costa brasileira, pertencentes aos estados de Sergipe, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul.

Comparado com os resultados relatados por Vega *et al.* (2010) e Kehrig *et al.* (2015), a concentração média para Cd ($29,6 \text{ mg kg}^{-1}$) obtidas no presente trabalho foi maior (96 indivíduos de 348 apresentaram concentrações entre $28,6$ e $83,5 \text{ mg kg}^{-1}$). A concentrações média de Pb ($0,02 \text{ mg kg}^{-1}$) foi concordante com o valor relatado por Vega *et al.* (2010) (a grande maioria dos indivíduos - 197 - apresentou concentrações inferiores a $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$), porém, inferior quando comparado ao valor relatado por Kehrig *et al.* (2015). As concentrações médias obtidas para Hg ($5,81 \text{ mg kg}^{-1}$) foram superiores aos valores relatados por Vega *et al.* (2010), porém, semelhantes aos valores relatados por Kehrig *et al.* (2015). Assim, apenas a concentração média obtida para Cd pode ser considerada alta.

Pelo menos três fatores poderiam influenciar a concentração de metais no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*: dieta, condições do corpo e idade (VEGA *et al.*, 2010). Os autores acentuam que pinguins na costa brasileira se alimentam mais frequentemente de cefalópodes do que de peixes e que os primeiros tendem a concentrar Cd e Hg.

Similarmente aos resultados relatados por Kehrig *et al.* (2015), no presente trabalho, não se observou diferenças significativas entre as concentrações de Hg e Pb para machos e fêmeas. No entanto diferenças significativas obtidas entre as concentrações de Cd em machos ($34,3\text{mg kg}^{-1}$), maiores que nas fêmeas ($27,8\text{mg kg}^{-1}$) não corroboraram os resultados relatados Kehrig *et al.* (2015). Foram obtidas diferenças significativas também para Zn: a concentração do elemento nos machos ($256,1\text{mg kg}^{-1}$) foi maior que nas fêmeas mg kg^{-1} ($231,7\text{mg kg}^{-1}$). Não foram obtidas diferenças significativas para machos e fêmeas para os outros elementos. Neste sentido pode-se sugerir a existência de diferença nos hábitos alimentares entre machos e fêmeas, principalmente, se considerarmos que foram obtidas diferenças entre um elemento essencial e um não essencial. Não foram obtidas diferenças significativas (para todos os elementos traço analisados) para animais em diferentes estágios de desenvolvimento. Contudo, pondera-se que foram analisados apenas 8 indivíduos adultos.

Corroborando os resultados relatados por Vega *et al.* (2010), que relatam diferenças significativas para Cd e Hg a partir de indivíduos coletados em Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, no presente trabalho observou-se diferenças significativas também para Cd e Hg em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Indivíduos coletados nos trechos 4, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentaram maior concentração de Cd no tecido hepático que indivíduos coletados no trecho 1/2, 3 e 5; indivíduos coletados nos trechos 7, 8 e 9 apresentaram concentrações de Hg maiores que indivíduos coletados nos outros trechos.

Na interpretação dos resultados acima devem ser resguardadas algumas características relacionadas a alimentação do *Spheniscus magellanicus*. Por exemplo, Frere *et al.* (1996) e Kojadinovic (2007 a e b) demonstram que a latitude influencia na alimentação da espécie com relação a sua composição: se alimenta de peixes e lulas, porém, as espécies consumidas dependem das latitudes em que o animal se encontra. Assim, os resultados obtidos para Hg e Cd mostram que os elementos não essenciais são enriquecidos ao longo da costa brasileira (do litoral sul de Santa Catarina até o litoral norte de São

Paulo). Corroboram esta afirmação os elementos traço Mo, V, além de outro elemento não essencial, o Pb e elementos essenciais, como o Cu e Zn.

O elemento As apresenta um comportamento distinto, sendo as concentrações do elemento no tecido hepático de indivíduos coletados nos trechos 1/2 e 3 maiores que as concentrações nos indivíduos coletados nos trechos 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10; por sua vez, as concentrações nos indivíduos coletados nos trechos 4, 5, 9 e 10 maiores que nos trechos 6, 7 e 8.

Larus dominicanus

Comparando o intervalo de concentrações obtidas no tecido hepático de *Larus dominicanus* com outras espécies de aves marinhas reportadas na literatura, observa-se que os elementos traço aqui determinados apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016, sendo As (valor máximo = 14 mg kg⁻¹), Pb (valor máximo = 18,7 mg kg⁻¹), Mo (valor máximo = 3,6 mg kg⁻¹) e Zn (valor máximo = 671,2 mg kg⁻¹). Entretanto, os valores médios de concentração para estes seis elementos traço estiveram dentro do intervalo apresentado na Tabela VII-1. Os demais sete elementos, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Ni e Hg não apresentaram valores máximos acima do intervalo citado na Tabela VII-1. Para esta espécie, torna-se difícil a comparação dos resultados obtidos para Ba e V pela falta de informação na literatura.

O primeiro trabalho publicado sobre a concentração de metais em tecido hepático de *Larus dominicanus* foi bastante recente. Moura *et al.* (2018) relataram concentrações médias de As (3,26 mg kg⁻¹), Cd (1,28 mg kg⁻¹), Cr (2,74 mg kg⁻¹), Cu (17,61 mg kg⁻¹), Zn (253,43 mg kg⁻¹), Hg (2,83 mg kg⁻¹), para indivíduos (9) encontrados na costa do Rio de Janeiro, similares ou maiores as encontradas neste trabalho: As (3,05 mg kg⁻¹), Cd (0,37 mg kg⁻¹), Cr (0,08 mg kg⁻¹), Cu (14,7 mg kg⁻¹), Zn (136 mg kg⁻¹), Hg (3,23 mg kg⁻¹). O destaque da comparação fica pela baixa concentração de Cr encontrada no presente trabalho, que, em parte, pode ser justificada pelo rigoroso procedimento adotado para amostragem do tecido hepático dos animais (e.g. facas de cerâmicas). Os autores não identificam o sexo e claramente o estágio de desenvolvimento dos indivíduos. Assim pode-se sugerir que os indivíduos

encontrados neste trabalho não apresentam indícios contaminações por As, Cd, Cr, Cu, Zn e Hg.

Numata *et al.* (2008) relataram concentrações médias para As, Cd, Cu, Pb, Zn e Hg e para costa oeste da Nova Zelândia. Os resultados apresentados em base úmida foram transformados para base seca (para efeito de comparação) utilizando uma humidade de 80%: 2,00 (As), 2,99 (Cd), 28 (Cu), 0,34 (Pb), 156 (Zn) e 0,83 mg kg⁻¹ (Hg). Os autores sugerem que as concentrações dos metais não essenciais (As, Cd, Hg e Pb) estiveram abaixo do nível considerado tóxico para aves marinhas, enquanto o nível dos elementos essenciais esteve dentro do padrão fisiológico. No presente trabalho as concentrações médias foram: maior para Hg (3,23 mg kg⁻¹), similares para As (3,05 mg kg⁻¹), Zn (136 mg kg⁻¹) e Pb (0,21 mg kg⁻¹) e inferiores para Cd (0,37 mg kg⁻¹) e Cu (14,7 mg kg⁻¹). Assim, considerando o trabalho de Numata *et al.* (2008), para a espécie *Larus dominicanus*, pode-se inferir que a concentração de Hg em animais coletados no Brasil é maior que os coletados na costa oeste da Nova Zelândia.

Cortés e Luna-Jorquera (2011) relataram concentrações médias de Cd de 9,8 mg kg⁻¹ (ambiente selvagem) e 9,6 mg kg⁻¹ (ambiente urbano = sistema costeiro da cidade de Coquimbo) para 20 animais adultos capturados em dois sítios. Para Cu (animais adultos) os valores relatados foram 14,8 mg kg⁻¹ (ambiente selvagem) e 16,1 mg kg⁻¹ (ambiente urbano). Animais juvenis, em ambiente selvagem e urbano apresentaram concentrações de Cd de 1,5 mg kg⁻¹ e <0,01 mg kg⁻¹, respectivamente. Para Cu as concentrações (animais juvenis) foram de 15,8 e 15,4 mg kg⁻¹ respectivamente. Baseando-se nestes dados os autores concluíram que, possivelmente, animais juvenis coletados no ambiente selvagem apresentaram uma concentração média de Cd alta devido aos processos de biomagnificação decorrente do consumo de ovos e filhotes de outros pássaros marinhos. Também apontaram que as concentrações de Cd das aves adultas dos dois ambientes foram quase 200 % do limite considerado tóxico para aves marinhas (5 mg kg⁻¹) (Cortés e Luna-Jorquera, 2011). Finalmente, pontuam que os dois fatores (estágio de maturidade dos animais e local) afetaram as concentrações de Cd.

Os resultados obtidos para Cd no presente trabalho confirmam os relatados por Cortés e Luna-Jorquera (2011), que pontuam que animais

adultos apresentam maior concentração do elemento, justificado por um processo de biomagnificação pelo consumo de ovos e filhotes de outros pássaros marinhos. No entanto, as concentrações médias para animais juvenis ($0,23 \text{ mg kg}^{-1}$) e adultos ($0,51 \text{ mg kg}^{-1}$) estiveram bem abaixo (10 vezes menores) do limite considerado tóxico para aves marinhas (5 mg kg^{-1}). Assim, considerando o trabalho de Cortés e Luna-Jorquera (2011), pode-se concluir que não há evidências de contaminação de Cu e Cd nos animais coletados.

Não foi encontrado trabalhos onde avalia-se diferenças entre as concentrações de elementos traço em machos e fêmeas. No presente trabalho não houve diferença significativa entre sexo para as concentrações de quase todos os elementos traço a exceção do Cd e Pb que apresentaram maiores concentrações em fêmeas do que em machos.

Com relação a variável local, as concentrações de As no tecido hepático de indivíduos coletados nos trechos 3 e 4 apresentaram as maiores concentrações, as concentrações de Cu no tecido hepático de indivíduos coletados nos trechos 4, 6 e 15 foram maiores que os coletados nos trechos 1, 2, 3 e 5.

Não houve no período entre o 4º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traços e o presente relatório novas publicações sobre análise de elementos traço em *Larus dominicanus*.

Sula leucogaster

Quando se comparara o intervalo de concentrações obtidas nos tecidos hepáticos de *Sula leucogaster* com outras espécies de aves marinhas na literatura (Tabela VII-1), observa-se que dos elementos traço estudados, As ($8,47 \text{ mg kg}^{-1}$), Mn ($35,7 \text{ mg kg}^{-1}$), Mo ($4,36 \text{ mg kg}^{-1}$), Zn (351 mg kg^{-1}) e Hg (395 mg kg^{-1}) ultrapassaram os valores máximos anteriormente encontrados na literatura para amostras de tecido hepático de aves marinhas no período de 2006 a 2016 (Tabela VII-1). Contudo, as médias obtidas no presente trabalho para estes cinco elementos traço se mantém dentro da faixa de valores

reportados na Tabela VII-1. Para esta espécie, torna-se difícil a comparação dos resultados obtidos para Ba e V pela falta de informação na literatura.

Na principal coleção do *Web of Science* encontrou-se apenas um trabalho contendo informações sobre as concentrações de elementos traço em tecido hepático de *Sula leucogaster*. Nesse trabalho, (Moura *et al.*, 2018), 20 amostras de tecido hepático foram coletadas no Rio de Janeiro e apresentaram concentrações médias de As ($2,20 \pm 0,44 \text{ mg kg}^{-1}$); Cd ($1,24 \pm 0,99 \text{ mg kg}^{-1}$); Cu ($16,49 \pm 0,24 \text{ mg kg}^{-1}$); Cr ($1,16 \pm 0,46 \text{ mg kg}^{-1}$); Zn ($96,88 \pm 0,37 \text{ mg kg}^{-1}$); Hg ($6,69 \pm 0,48 \text{ mg kg}^{-1}$). Comparando com os valores obtidos no presente projeto, apenas Hg ($21,2 \text{ mg kg}^{-1}$) foi consideravelmente superior aos valores relatados por (Moura *et al.*, 2018). Assim, no caso da *Sula leucogaster* pode ser considerada alta apenas a concentração de Hg. Contudo, ressalta-se que a maioria dos animais (64 apresentaram concentrações de Hg entre $0,75$ e $10,9 \text{ mg kg}^{-1}$).

O ato de mergulhar torna a espécie *Sula leucogaster* seletiva em termos de escolha de presas, sendo sua dieta a base de peixes pelágicos e grandes o que pode explicar a alta concentração de Hg encontrada nesta espécie (Moura *et al.*, 2018). A afirmação é corroborada quando se compara as concentrações de Hg no tecido hepático das quatro aves contidas neste relatório.

Não há na literatura relatos que confirmem as diferenças significativas entre as concentrações de Cu e Mo para machos e fêmeas nem a existência de diferenças significativas para Cd, Cr, Cu e Mo entre os estágios de desenvolvimento (adulto e juvenil) e para todos os elementos obtidas no presente trabalho.

No presente trabalho as concentrações de Hg no tecido hepático de indivíduos coletados no trecho 5 e 8 apresentaram as maiores concentrações.

As concentrações de V no tecido hepático de indivíduos coletados nos trechos 13 e 14 foram maiores que a do trecho 10.

Recentemente, Bigheti *et al.* (2021) publicaram um trabalho comparando a concentração total de Hg em amostras de penas e sangue de *Sula leucogaster* entre sexos e entre estágios de desenvolvimento. Em concordância com os resultados apresentados no presente relatório, estes

autores reportam ausência de diferenças significativas na concentração de Hg em amostras de sangue tanto na comparação entre fêmeas e machos como entre adultos e juvenis.

Em comparação com as concentrações encontradas recentemente na literatura científica (Nunes *et al.* 2022), no presente trabalho as concentrações médias em tecido hepático para Cu, Mn, Zn, Cd As e Hg foram superiores às concentrações reportadas por estes autores em amostras de sangue e penas; concentração similar para Cr em sangue e inferior comparado com as concentrações reportadas para amostras de pena. A concentração de Pb nas amostras do presente trabalho em *Sula leucogaster* foram inferiores às concentrações relatadas para amostras de sangue e pena (Nunes *et al.* 2022).

Phalacrocorax brasilianus

Comparando o intervalo de concentrações obtidas nos tecidos hepáticos de *Phalacrocorax brasilianus* com outras espécies de aves marinhas reportadas na literatura, observa-se que dos elementos traço determinados, Mo (valor máximo = 4,9 mg kg⁻¹), Zn (valor máximo = 665 mg kg⁻¹) e Hg (valor máximo = 24,4 mg kg⁻¹) apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016. Os demais elementos estiveram dentro do intervalo citado na Tabela VII-1. Para esta espécie, torna-se difícil a comparação dos resultados obtidos para Ba e V pela falta de informação na literatura.

Nenhuma informação na principal coleção do *Web of Science* foi encontrada para elementos traço em tecido hepático para a espécie *Phalacrocorax brasilianus* habitando a costa brasileira. Um único trabalho (Cid *et al.*, 2009) realizado em um lago de água doce na Argentina relata as concentrações de Cd e Pb no tecido hepático de *P. brasilianus*, de 0,26 ± 0,06 mg kg⁻¹ e 1,88 ± 0,21 mg kg⁻¹, respectivamente, valores bem acima dos encontrados, principalmente para Pb. As concentrações de Cd e Pb encontradas nos animais foram associadas diretamente as concentrações dos elementos no Lago: Cd (entre 0,29 e 1,05 ng mL⁻¹ e Pb entre 24,4 e 103 ng

mL⁻¹, sugerindo que a espécie é um bom biomonitor. A alta concentração de Pb no Lago deriva de atividade antrópica segundo os autores.

Semelhantemente aos resultados obtidos, os autores relatam não haver diferença significativa nas concentrações de Pb e Cd em tecido hepático de machos e fêmeas. Contudo, não foi possível confirmar as diferenças significativas nas concentrações de Cd e Zn para a variável estágio de desenvolvimento.

No período precedente a este relatório, não foram encontradas novas publicações sobre análise de elementos traço em *Phalacrocorax brasilianus*. Um artigo foi encontrado para a espécie *Phalacrocorax carbo* na Hungria (LEHEL *et al.* 2022). Estes autores analisaram as concentrações de As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb e Zn em amostras de músculos peitoral e das coxas de *Phalacrocorax carbo*. Estes autores reportaram ausência de diferenças significativas entre ambos os gêneros.

Fregata magnificens

Como já mencionado, para o presente relatório, foi possível incorporar mais duas espécies de tetrápodes marinhos e suas respectivas análises estatísticas. Com 15 indivíduos fêmeas e 17 machos, dos quais 19 foram reportados como estágio de desenvolvimento adulto e 12 juvenis, a espécie *Fregata magnificens* contou com 32 indivíduos cujas concentrações de elementos traço em amostras de tecido hepático foram analisados e tratados estatisticamente.

Poucos dados científicos são encontrados na literatura que permitam realizar uma comparação adequada com os resultados aqui apresentados. No presente estudo foram encontradas diferenças significativas entre os indivíduos adultos e juvenis para Cd, maiores concentrações em indivíduos adultos do que em indivíduos juvenis (média = 1,14 e 0,95 mg kg⁻¹, respectivamente). Embora tenham sido estudadas diferentes matrizes (amostras de tecido hepático neste trabalho), Padilha *et al.* (2018) também reportaram maiores concentrações de Cd em penas analisadas de indivíduos adultos quando comparadas com as concentrações encontradas em penas de

indivíduos juvenis. Quando comparadas as concentrações médias de todos os indivíduos analisados, neste trabalho foram encontradas concentrações maiores de Cd (média= 1,04 mg Kg⁻¹), Cu (30,8 mg Kg⁻¹) e Mn (26,59 mg Kg⁻¹) do que os valores relatados por Padilha *et. al.* (2018) em penas desta espécie. Analogamente, as maiores concentrações de Hg obtidas para o conjunto de indivíduos adultos (média = 14,48 mg kg⁻¹), quando comparada com o conjunto de indivíduos juvenis (média = 6,04 mg kg⁻¹) encontradas no presente trabalho, coincidem com os dados apresentados por Sebastiano *et al.*, (2016) que reportaram maiores concentrações de As, Pb, Hg e Zn em indivíduos adultos quando comparados com filhotes em amostras de sangue. No presente trabalho foram encontradas concentrações médias maiores de Cu (30,8 mg Kg⁻¹), Cd (1,04 mg Kg⁻¹) e Hg (11,6 mg Kg⁻¹), e menores concentrações de Cr (média <LD), Zn (191 mg Kg⁻¹) e As (5,97 mg Kg⁻¹), quando comparados com os valores reportados anteriormente por Moura *et al.* (2018) e Sebastiano *et al.* (2016) Tabela VII.3.1-1.

No período entre o 4º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traços e este presente relatório, não foram encontradas novas publicações sobre análise de elementos traço em amostras de *Fregata magnificens*.

Tabela VII.3.1-1 – Concentrações (mg kg⁻¹) de elementos traço relatados para *Fregata magnificens*.

Elemento	Moura et. al. 2018 Matriz = tecido hepático	Sebastiano et. al. 2016 Matriz = sangue	Padilha et. al. 2018 Matriz = penas	Este trabalho Matriz = tecido hepático
As	1,29	2,35	ND	5,97
Cd	0,57	ND	0,116	1,04
Cr	2,02	ND	ND	<LD
Cu	13,23	0,78	8,25	30,82
Pb	ND	0,02	ND	0,03
Mn	ND	0,21	5,14	13,03
Mo	ND	ND	ND	1,38
Zn	266,6	26,8	ND	191,0
Ni	ND	ND	ND	<LD
Ba	ND	ND	ND	<LD
V	ND	ND	ND	0,65
Hg	1,99	5,81	ND	11,57

*ND = Não Declarado; <LD = menor que o Limite de detecção. Em negrito os maiores valores encontrados

VII.3.2 *Tartarugas Marinhas*

Chelonia mydas

Comparando as concentrações obtidas nos tecidos hepáticos de *Chelonia mydas* com outras espécies de tartarugas marinhas relatadas na literatura (Tabela VII-1), observa-se que, sete dos elementos traço determinados, As (valor máximo = 149 mg kg⁻¹), Cu (valor máximo = 912 mg kg⁻¹), Pb (valor máximo = 19,4 mg kg⁻¹), Mn (valor máximo = 42,2 mg kg⁻¹), Mo (valor máximo = 7,2 mg kg⁻¹), Zn (valor máximo = 524 mg kg⁻¹) e Hg (valor máximo = 463 mg kg⁻¹) apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016. Outros dois elementos, Cd e Ni, estiveram abaixo do limite máximo citado na Tabela VII-1 e dois elementos, Cr (valor máximo = 2,3 mg kg⁻¹) e V (valor máximo = 19,1 mg kg⁻¹), apresentaram valores muito próximos dos reportados na referida tabela. Não há informação suficiente de Ba na literatura para estabelecer uma comparação ampla. Apesar da comparação dos resultados obtidos com a literatura ser imprecisa (há várias espécies envolvidas nos intervalos relatados), pode-se pontuar indícios de concentração elevadas para os seis elementos acima citados. Estas discordâncias podem ser atribuídas, além das diferentes concentrações nas distintas espécies, a vários fatores (e.g. local, estágio do desenvolvimento e sexo dos animais) e, também, as diferentes metodologias analíticas empregadas nos diferentes trabalhos.

Encontram-se atualmente vários trabalhos envolvendo a determinação de elementos traço em tecido hepático de *Chelonia mydas*. Por exemplo, só no trabalho de Macedo *et al.* (2015) encontram-se sete citações envolvendo a determinação de elementos traço em tecidos de *Chelonia mydas* provenientes do Japão, China, Mar Mediterrâneo e Brasil. Contudo, poucas são conclusivas com relação a origem dos elementos traço presentes neste quelônio. Apesar de muitos dos trabalhos relatarem informações de várias localidades, no presente trabalho, na discussão, por uma questão de proximidade e coesão,

compara-se os resultados obtidos somente com os trabalhos realizados no Brasil. Esta abordagem será feita para todas as dez espécies destacadas neste trabalho (*Chelonia mydas*, *Spheniscus magellanicus*, *Larus dominicanus*, *Sula leucogaster*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Sotalia guianensis*, *Pontoporia blainvillei*, *Fregata magnificens*, *Arctocephalus australis* e *Caretta caretta*), exceto quando o número de trabalhos disponíveis na literatura for insatisfatório (<2), neste caso serão incluídos nas discussões trabalhos realizados fora do Brasil.

Há uma década, Barbieri *et al.* (2009) relataram concentrações médias de Cd, Cu, Pb, Mn e Ni em amostras de tecidos hepático de animais juvenis de *Chelonia mydas* encontrados encalhados no estuário de Cananéia (sudeste do Brasil) de 0,27; 20,7; 0,06; 4,81; 0,13 mg kg⁻¹, respectivamente. Os valores relatados foram consideravelmente inferiores aos obtidos no presente trabalho: Cd (27,3 mg kg⁻¹); Cu (216 mg kg⁻¹); Pb (1,04 mg kg⁻¹); Mn (11,7 mg kg⁻¹) Ni (0,37 mg kg⁻¹). Os autores mostram claramente as diferenças de concentrações médias de Cd, Cu, Pb e Ni entre animais adultos (maiores) e juvenis (menores). No entanto, não foram avaliados outros fatores que potencialmente afetariam as concentrações dos elementos traço em tetrápodes, como local, sexo e hábito alimentar.

Silva *et al.* (2014) também analisando amostras de tecido hepático (e de outros tecidos) de animais juvenis de *Chelonia mydas*, encontrados encalhados na costa sul do Brasil (no estado do Rio Grande do Sul), relataram concentrações médias de Cd (5,9 mg kg⁻¹), Cu (100,9 mg kg⁻¹) e Pb (4,5 mg kg⁻¹) muito mais altas que as relatadas por Barbieri *et al.* (2009), porém, inferiores (no caso do Cd = 25,2; Cu = 206,7 mg kg⁻¹ e Pb = 0,75 mg kg⁻¹) às concentrações médias obtidas no presente trabalho. A concentração de Zn (45,0 mg kg⁻¹) relatada por Silva *et al.* (2014) também foi inferior a obtida neste trabalho (147,5 mg kg⁻¹). Neste sentido pode-se destacar como altas as concentrações obtidas para o Cd, Cu, Pb e Zn.

No estudo de Silva *et al.* (2014), os autores consideraram dois fatores relacionados a concentração de elementos traço: tecidos e tamanho (definido como comprimento curvilíneo da carapaça - CCC). Também, pontuam a dificuldade em estabelecer a influência da poluição marinha (e.g. provinda da

alta concentração de metais) na saúde e sobrevivência de tartarugas marinhas, pois são poucas as informações sobre as concentrações fisiológicas de metais nos tecidos e os efeitos resultantes de acumulações excessivas. Os autores fazem uma extensa discussão baseando-se, em parte, nos hábitos alimentares, para justificar valores maiores em comparação ao trabalho de Barbieri *et al.* (2009). Também, atividades agrícolas e industriais - supostamente maiores no Sul, foram utilizadas para justificar esta diferença de concentração entre as duas publicações. Contudo, não se demonstra claramente o efeito do local da coleta na concentração de Cd, Cu, Pb e Zn nos tecidos de *Chelonia mydas*. Finalmente, os autores sugerem mais estudos focando o impacto biológico da contaminação de metais na costa do Brasil sobre a espécie.

Corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho, Silva *et al.* (2014) relataram que não houve diferenças significativas nas concentrações dos elementos Cd, Cu, Pb e Zn analisados entre machos e fêmeas. Os autores atribuem esta semelhança ponderando que todos os indivíduos analisados foram juvenis e que as taxas absorção, excreção e acumulação de metais em tartarugas marinhas são geralmente associadas com a maturidade e reprodução. Os autores citam trabalhos realizados no Japão (ANAN *et al.*, 2001) que confirmam este comportamento. Contudo estas justificativas não explicam os resultados obtidos para Hg no presente trabalho, maior para machos do que para fêmeas.

Em um outro estudo, realizado na costa norte do Brasil (Camaçari, Bahia, Brasil), Macedo *et al.* (2015), relataram concentrações médias de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, V e Hg de 29,8; 18,8; 0,6; 36,7; 0,54; 8,73; 1,09; 132; 0,79; 3,22 e 1,34 mg kg⁻¹, em amostras de tecido hepático de animais juvenis de *Chelonia mydas*, respectivamente. O elemento traço Ba não foi detectado. O estudo realizado por Macedo *et al.* (2015) considera dois fatores relacionados a concentração de elementos traço: duas espécies de tartarugas marinhas (*Chelonia mydas* e *Eretmochelys imbricata*) e seus tecidos (ossos, tecido hepático e rim). Os autores relataram, até então, que as concentrações de Cd, Cu, Ni e Zn em amostras de tecido hepático de *Chelonia mydas* foram as maiores encontradas no Brasil. Assumindo que a espécie se alimenta

primariamente de gramíneas e algas marinhas, estes autores sugerem que alto teor de elementos traço nestes animais derivam de sua alimentação, pois foram altas as concentrações de As, Cd, Co, Mn, Ni, Pb e Zn encontradas em macroalgas da região (Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil).

Comparando o presente trabalho com o estudo de Macedo *et al.* (2015), foram obtidas concentrações médias similares para a maioria dos elementos (Cd, Pb, Mn, Mo, Zn e Hg). Porém, foram obtidas concentrações médias inferiores para As, Cr, Ni e V, e concentrações médias superiores para Cu. Mais uma vez pontua-se a alta concentração de Cu nesta espécie.

Recentemente, Di Benedetto *et al.* (2019) relataram uma concentração de 0,43 mg kg⁻¹ de Hg em *Chelonia mydas* coletadas no litoral do Rio de Janeiro. Os autores sugerem a área de estudo como uma área prístina (considerando que o valor encontrado é baixo). Também afirmam que a concentração de Hg no tecido hepático pode refletir a contaminação pelo elemento, considerando que macroalgas (que também refletem a contaminação por Hg por áreas industriais) são seus alimentos preferidos. No presente trabalho a média de Hg encontrada (1,83 mg kg⁻¹ de Hg) foi maior que a relatado por Di Benedetto *et al.* (2019). Contudo a grande maioria dos animais (582 de 811) apresentaram concentrações próximas (0,6 a 1,2) a média relatada por Di Benedetto *et al.* (2019). Três grupos de indivíduos, com n amostral igual a 162, 34 e 9 indivíduos respectivamente, apresentam concentração alta de mercúrio, entre 1,2 e 2,4; entre 2,4 e 3,6; entre 3,6 e 4,7 mg kg⁻¹ de Hg respectivamente, além de indivíduos contendo concentrações de 4,7 a 464 mg kg⁻¹ de Hg. Sulato relatam maiores concentrações de Cu, Pb, Mo, Zn, Ba e V em indivíduos costeiros, quando com indivíduos oceânicos; entretanto para os elementos As e Hg foi observado o contrário, maiores concentrações em indivíduos oceânicos.

Segundo Anan *et al.* (2001) são necessários estudos relacionados a interações dinâmicas desses animais em diferentes estágios de vida para medir a transferência trófica de elementos e avaliar a influência do tamanho corporal e hábitos alimentares na acumulação de contaminantes. Assim, se desprezadas as interações dinâmicas desses animais em diferentes estágios de vida para medir a transferência trófica de elementos e avaliar a influência

do tamanho corporal (foi analisado apenas um animal adulto), pode-se sugerir os altos valores de concentrações encontrados no presente trabalhos estão associados aos hábitos alimentares das tartarugas marinhas.

Com relação ao local, foi observada diferença significativa para todos os elementos traço determinados. Animais coletados no trecho 1/2 apresentaram concentração As no tecido hepático significativamente maior ($15,57 \text{ mg kg}^{-1}$) que animais os coletados nos trechos 8, 9, 10, 12 e 15; animais coletados no trecho 11 apresentaram concentração Cd no tecido hepático ($43,3 \text{ mg kg}^{-1}$) maior que animais coletados nos demais trechos; no trecho 3 concentrações de Cr ($0,20 \text{ mg kg}^{-1}$) maior que animais coletados nos outros trechos; no trecho 12 concentrações de Cu (303 mg kg^{-1}) maior que animais coletados nos demais trechos; no trecho 15 concentrações de Pb maior ($2,37 \text{ mg kg}^{-1}$) que animais os coletados nos trechos 1/2 a 14; no trecho 5 concentrações de Mn ($13,13 \text{ mg kg}^{-1}$) maior que animais os coletados nos trechos 1/2, 6, 7, 8, 10; no trecho 9 concentrações de Mo ($1,48 \text{ mg kg}^{-1}$) maior que animais coletados nos trechos 1/2, 6, 7, 13, 14; no trecho 12 concentrações de Zn maior ($198,2 \text{ mg kg}^{-1}$) que os animais coletados nos trechos 1/2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10; no trecho 12 concentrações de Ni maior ($0,52 \text{ mg kg}^{-1}$) que animais os coletados nos trechos 1/2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 13 e 14; nos trechos 12 e 10 concentrações de Ba maior ($0,32 \text{ mg kg}^{-1}$) que animais coletados nos outros trechos; nos trechos 3 e 15 concentrações de V ($1,73$ e $1,54 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente) maiores que nos outros trechos; o trecho 5 apresentou concentração média de Hg maior ($22,8 \text{ mg kg}^{-1}$) que animais coletados nos demais trechos (medias entre $0,49$ e $1,31 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente); cabe salientar que neste trecho 5 foram coletados os dois indivíduos com concentrações extremas (192 e 463 mg kg^{-1} respectivamente) sem os quais a concentração média seria de $1,75 \text{ mg kg}^{-1}$. Pontua-se que apesar das diferenças significativas encontradas nos trechos não se pode atribuir claramente contaminações aos valores mais altos.

Caretta caretta

A espécie de tartaruga marinha *Caretta caretta* foi a segunda espécie adicionada a este relatório, com um total de 35 indivíduos dos quais 22 fêmeas

e 12 machos, com 6 indivíduos adultos e 27 juvenis, nos foi possível realizar os correspondentes tratamentos estatísticos após análise das amostras. Ainda, da mesma forma que quando foi elaborado o 4º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traços continuam as dificuldades na hora de verificar a literatura científica em busca de informações que permitissem uma comparação adequada com os resultados aqui apresentados. Além da avassaladora maioria de artigos publicados sobre estudos em *Chelonia mydas*, a espécie com maior número de indivíduos neste trabalho, também houve dificuldades em encontrar a mesma matriz (tecido hepático). Souza *et al.* (2018) reportam valores de Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Zn e Ba em ovos e carapaça de *Caretta caretta*, e Day *et al.* (2005) fizeram o monitoramento de Hg em diversas matrizes como tecido hepático, sangue, musculo e rins, mas reportam os valores em base úmida. Os valores reportados por estes autores, e os valores obtidos neste trabalho são apresentados na Tabela VII.3.2-1.

Tabela VII.3.2-1 – Concentrações (mg kg^{-1}) de elementos traço relatados para *Caretta caretta*.

Elemento	Souza et. al. 2018		Day et. al., 2005 Matriz = tecido hepático ¹	Este trabalho Matriz = tecido hepático
	Ovos	Filhotes		
As	ND	ND	ND	18,5
Cd	0,34	0,34	ND	23,1
Cr	0,31	0,31	ND	0,12
Cu	1,48	1,68	ND	29,2
Pb	1,22	1,27	ND	1,77
Mn	0,53	0,54	ND	5,75
Mo	ND	ND	ND	0,83
Zn	10,1	11,72	ND	91,1
Ni	ND	ND	ND	0,33
Ba	0,56	0,62	ND	0,18
V	ND	ND	ND	1,26
Hg	ND	ND	0,59	2,99

*ND = Não Declarado; <LD = menor que o Limite de detecção. Em negrito os maiores valores encontrados

1. Valores reportados em peso úmido

Como se observa na Tabela VII.3.2-1, neste trabalho foram encontradas maiores concentrações de Cd, Cu, Zn e Hg. Entretanto observou-se maiores concentrações de Ba em ovos e filhotes desta espécie reportados por Souza *et al.*, (2018).

VII.3.3 Mamíferos Marinhos

Pontoporia blainvillei

Comparando o intervalo de concentrações obtidas no tecido hepático de *Pontoporia blainvillei* com outras espécies de cetáceos reportados na literatura, observa-se que dos elementos traço determinados, apenas Cu (valor máximo = 409,2 mg kg⁻¹) e Ni (0,24 mg kg⁻¹) apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016. Outros 10 elementos, As, Cd, Cr, Pb, Mn, Mo, Zn, Ba, V e Hg estiveram abaixo do limite máximo citado no item na Tabela VII-1.

A Tabela VII.3.3-1 mostra as concentrações médias de alguns elementos traço em tecidos hepáticos de *Pontoporia blainvillei* coletadas em diferentes regiões do Brasil. As concentrações relatadas para As, Cd, Cu, Mn, Zn e V foram semelhantes aos valores obtidos, enquanto as concentrações relatadas para Cr, Pb e Mo foram maiores que os valores obtidos. A concentração média obtida para Hg ficou dentro do intervalo relatado, já a concentrações média obtida para Ba (0,07 mg kg⁻¹) foi maior que o valor relatado. Ressalta-se, no entanto que a maioria dos indivíduos (40 dos 42 indivíduos) tiveram a concentração de Ba abaixo do LD. Assim, presume-se não haver dentre os animais coletados altas concentrações dos elementos traço determinados.

Kunito *et al.* (2004) relataram não haver diferença significativa entre as concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ba e V em tecido hepático de machos e fêmeas de *Pontoporia blainvillei*. O comportamento foi confirmado para As, Cd, Cu, Pb por Seixas *et al.* (2009a) e também relatado para Hg por Seixas *et al.* (2008). Os resultados obtidos no presente trabalho (ausência de

diferença significativa para o fator sexo para todos os elementos traço) são assim corroborados pela literatura.

Tabela VII.3.3-1 – Concentrações (mg kg^{-1}) de elementos traço relatados para *Pontoporia blainvillei*.

Ref.	Kunito <i>et al.</i> ,2004	Seixas <i>et al.</i> ,2008	Seixas <i>et al.</i> ,2009 a
Local	São Paulo e Paraná	Sudeste Sul	Norte do Rio de Janeiro
As	1,2	NR	1,10
Cd	0,404	NR	0,55
Cr	0,49	NR	NR
Cu	44,5	NR	25,64
Pb	0,026	NR	0,67
Mn	14,8	NR	NR
Mo	2,28	NR	NR
Zn	152	NR	NR
Ni	NR	NR	NR
Ba	0,008	NR	NR
V	0,089	NR	NR
Hg	NR	2,60-10,7	NR

* NR = Não Relatado

Segundo Kunito *et al.* (2004) as concentrações de V, Mo, Cd e Hg no tecido hepático aumentaram com o aumento da idade da *Pontoporia blainvillei*. Seixas *et al.* (2008) relataram correlações positivas para a concentração de Hg e o tamanho dos indivíduos capturados no sudeste e sul do Brasil. Seixas *et al.* (2009 a) relatam a inexistência de correlações entre as concentrações de As, Cd, Cu e Pb e o tamanho dos indivíduos.

No presente trabalho obteve-se os seguintes resultados: as concentrações de As, Cd, Mn, Mo e Hg foram maiores em animais adultos do que em filhotes (também juvenis, no caso de Hg); as concentrações de Cu e em animais juvenis foram menores do que em filhotes. Assim, os resultados obtidos concordam com resultados relatados por Seixas *et al.* (2008) e em parte com os resultados (Mo, Cd e Hg) relatados por Kunito *et al.* (2004). Dependência da idade no acúmulo elementos traço no tecido hepático de mamíferos marinhos são frequentemente encontrados na literatura (Kunito *et al.*, 2004). Explica-se o acúmulo, por exemplo, para Cd, Pb e Hg pela meia-vida biológica ser bastante longa para os elementos com alta afinidade ao grupo SH da

cisteína. Também, a concentração de V pode ser positivamente correlacionada com a idade, considerando que o elemento pode ser retido através de ligações covalentes com aminoácidos (e.g. cisteína e histidina).

A aparente inconsistência na comparação dos resultados pode ser devido a concentração dos elementos na dieta dos indivíduos. Neste sentido, as correlações positivas encontradas particularmente para elementos não essenciais (As, Cd e Hg) sugerem considerável exposição (ou, mais precisamente, considerável influência da concentração de elementos traço na cadeia alimentar) dos indivíduos da espécie para estes elementos. Estes comentários não corroboram as conclusões acima (quando se compara as concentrações médias) de não haver dentre os animais coletados altas concentrações dos elementos traço determinados. Por outro lado, a ausência de correlações positivas para, para outros elementos não essenciais (Pb e Ba) indicam a pouca exposição (ou, mais precisamente, pouco influência da concentração de elementos traço na cadeia alimentar) para estes elementos.

Kunito *et al.* (2004) afirmam que a contribuição antropogênica para altas acumulações em cetáceos brasileiros é difícil de ser avaliada porque elementos traço podem ocorrer naturalmente. Também relataram que a concentração de elementos traço no tecido hepático de mamíferos marinhos do hemisfério Sul e Norte são comparáveis, embora a emissão elementos traço no Norte seja maior. Contudo, Seixas *et al.* (2008) reportaram diferentes concentrações de Hg e Se no tecido hepático de *Pontoporia blainvillei* do sul e sudeste brasileiro. A diferença é atribuída a condições ambientais (como, temperatura da água e produção primária) e a outros fatores, como formações geológicas e a influência da concentração de elementos traço na cadeia alimentar. Finalmente, para fins de comparação, Seixas *et al.* (2009 a) relataram que concentrações de Cd em *P. blainvillei* de áreas costeiras argentinas foram mais altas que as encontradas na costa do Rio de Janeiro.

No presente trabalho, as concentrações de Cd no tecido hepático de indivíduos coletados no trecho 1/2 e trecho 10 foram maiores que os coletados no trecho 8. Diferenças significativas na concentração de Cd era esperada segundo Seixas *et al.* (2009 a).

As concentrações de Pb no tecido hepático de indivíduos coletados no trecho 1/2 foram maiores que os coletados no trecho 8 e 10. As concentrações de Mn no tecido hepático de indivíduos coletados no trecho 10 foram maiores que os coletados no trecho 7 e trecho 8. Pontua-se aqui, a maior concentração dos elementos não essenciais Cd e Pb encontradas no litoral catarinense em comparação ao litoral paulista.

Em uma recente publicação, Garcia-Garin e colaboradores (2021) analisaram a concentração de elementos traços em amostras de ossos de *Pontoporia blainvillei* encontrados mortos na bacia do Rio da Prata e suas adjacências ao longo dos últimos 62 anos. A comparação com os resultados do presente trabalho se vê dificultada pela diferença no tipo de tecido utilizado como amostra. No entanto, a modo de informação, os valores de concentração encontrados para Cr e Pb por estes autores, foram superiores aos encontrados no presente trabalho, valores similares para Ni e Zn, e valores inferiores para As, Hg, Cd e Cu.

Em artigo recente (Manhaes et. al. 2022), realizou-se um estudo de bioacumulação de elementos traços em diferentes tecidos de *Pontoporia blainvillei*, dentre eles tecido hepático, facilitando uma comparação com os resultados obtidos no presente trabalho. Assim, todos os valores relatados por Manhaes e colaboradores para concentração de elementos traço em amostras de tecido hepático foram inferiores aos valores encontrados no presente trabalho.

Finalmente, reafirma-se os apontamentos de Kunito *et al.* (2004) que a contribuição antropogênica para altas acumulações em cetáceos brasileiros é difícil de ser avaliada principalmente porque elementos traço podem ocorrer naturalmente.

Sotalia guianensis

Comparando o intervalo de concentrações obtidas no tecido hepático de *Sotalia guianensis* com outras espécies de cetáceos reportados na literatura, observa-se que dos elementos traço determinados, apenas Cu (valor máximo = 1437 mg kg⁻¹), Mn (valor máximo = 27,8 mg kg⁻¹) e Ni (valor máximo = 12,7

mg kg⁻¹) apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016. O valor máximo obtido para Mn foi muito próximo do limite esperado (valor máximo = 27,3 mg kg⁻¹), enquanto os outros nove elementos, As, Cd, Cr, Pb, Mo, Zn, Ba, V e Hg estiveram abaixo do limite máximo citado na Tabela VII-1.

São apresentadas na Tabela VII.3.3-2 as concentrações médias de alguns elementos traço em tecido hepático de *Sotalia guianensis* coletadas em diferentes regiões do Brasil. As concentrações relatadas para As, Mn, Mo, Zn, V e Hg foram semelhantes aos valores obtidos, enquanto as concentrações relatadas para Cr e Pb foram maiores que os valores obtidos. As concentrações médias obtidas para Cu ficaram dentro do intervalo relatado, já as concentrações médias obtidas para Ba (0,05 mg kg⁻¹) e Cd (0,94 mg kg⁻¹) foram maiores que os valores relatados. Ressalta-se, no entanto, que todos os indivíduos (86) tiveram a concentração de Ba abaixo do LD (vide Figura VII.2.4-95). Assim, pode-se presumir apenas uma possível contaminação de Cd no indivíduo.

Similarmente aos apontamentos para *Pontoporia blainvillei*, Kunito *et al.* (2004) relataram não haver diferença significativa entre as concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ba e V em tecido hepático de machos e fêmeas de *Sotalia guianensis*. Os resultados foram confirmados para As, Cd, Cu, Pb por Seixas *et al.* (2009a). Seixas (2009b) também relata que o fator gênero não altera as concentrações de Cd, Cu e Hg. Os resultados obtidos no presente trabalho (ausência de diferença significativa para o fator sexo para todos os elementos traço) são corroborados pela literatura também para este cetáceo, confirmando que diferenças em gênero não afetam a acumulação de elementos traço.

Kunito *et al.* (2004) relataram que as concentrações de V, Mo, Cd, Pb e Hg no tecido hepático de *Sotalia guianensis* aumentaram com o aumento da idade dos indivíduos. Por outro lado, o inverso (correlações negativas) foi relatado para Mn, Cu e Zn. Similarmente ao ocorrido para *Pontoporia blainvillei*, Seixas *et al.* (2009 a) relataram a inexistência de correlações entre as concentrações de As, Cd, Cu e Pb e o tamanho dos indivíduos. Em outro trabalho, os autores (Seixas *et al.*, 2009 b) relataram correlações positiva entre

idade e a concentração de Hg, porém, inexistência de correlações entre Cd e Cu.

No presente trabalho as concentrações de Cd, Mn, Mo, Zn, V e Hg foram maiores em animais adultos do que em filhotes (e juvenis também no caso de Cd, V), enquanto as concentrações de Cu em filhotes ou animais juvenis foram maiores em animais adultos. Os resultados obtidos concordaram, em parte (para As e Pb), com resultados relatados por Seixas *et al.* (2009 a) e parcialmente com os resultados (V, Mo, Cd e Hg) relatados por Kunito *et al.* (2004). Mais uma vez, ressalta-se que aparentes inconsistências na comparação dos resultados podem ser resultado das concentrações dos elementos na dieta dos indivíduos. Neste sentido as correlações positivas encontradas para Cd e Hg (elementos não essenciais) sugerem maior exposição dos indivíduos da espécie para estes elementos.

A diminuição da concentração hepática obtida para Cu com o aumento da idade observada no presente trabalho e comentada por alguns autores (Seixas 2009 a e 2009 b) é justificada (citando vários autores) pela perda do elemento (essencial) durante o crescimento, diluição do elemento com o crescimento do animal ou pela diminuição do nível requerido do metal para processos metabólicos.

Com relação ao local a concentração de As no tecido hepático de indivíduos coletados no trecho 10 (São Sebastião a Ubatuba, SP) foi maior que a dos indivíduos do trecho 6 (Guaratuba a Guaraqueçaba, PR); A concentração de As no tecido hepático de indivíduos coletados nos trechos 7 (Cananéia a Iguape, SP) e 10 (São Sebastião a Ubatuba, SP) maiores que no trecho 13 (Mangaratiba a Sepetiba, RJ).

As concentrações de Cd no tecido hepático de animais coletados no trecho 10 (São Sebastião a Ubatuba, SP) foram maiores que nos dos trechos 6 (Guaratuba a Guaraqueçaba, PR) e 13 (Mangaratiba a Sepetiba, RJ); no trecho 7 (Cananéia a Iguape, SP) maior que no trecho 10 (São Sebastião a Ubatuba, SP).

As concentrações de Ni no tecido hepático de animais coletados no trecho 13 (Mangaratiba a Sepetiba, RJ) maior que nos trechos 6 (Guaratuba a

Guaraqueçaba, PR), 7 (Cananéia a Iguape, SP) e 10 (São Sebastião a Ubatuba, SP).

As concentrações de Hg no tecido hepático de animais coletados no trecho 13 (Mangaratiba a Sepetiba, RJ) maiores que nos trechos 6 (Guaratuba a Guaraqueçaba, PR), 7 (Cananéia a Iguape, SP) e 10 (São Sebastião a Ubatuba, SP).

Não foram encontradas novas publicações sobre análise de elementos traço em *Sotalia guianensis* no período entre o 4º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traço até o presente relatório.

Tabela VII.3.3-2 – Concentrações (mg kg^{-1}) de elementos traço relatados para *Sotalia guianensis*.

Ref.	Kunito <i>et al.</i> , 2004	Seixas <i>et al.</i> , 2009 a	Seixas <i>et al.</i> , 2009 b
Local	São Paulo e Paraná	Norte do Rio de Janeiro	Norte do Rio de Janeiro
As	0,83	1,11	NR
Cd	0,654	0,39	0,41
Cr	0,93	26,48	NR
Cu	157	NR	26,48
Pb	0,070	1,55	NR
Mn	9,84	NR	NR
Mo	2,55	NR	NR
Zn	192	NR	NR
Ni	NR	NR	NR
Ba	0,009	NR	NR
Ba	0,009	NR	NR
V	0,13	NR	NR
Hg	NR	NR	27,77

* NR = Não Relatado

Arctocephalus australis

Foi encontrado um único artigo relatando a concentração de elementos traço em tecido hepático de *Arctocephalus australis* (na principal coleção do *Web of Science*). Baraj *et al.*, 2009 relataram concentrações máximas e mínimas de Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Zn, Ni e Hg para *A. australis*. Os valores, relatados em base úmida, foram transformados em base seca (considerando

uma umidade de 80%) (Tabela VII.3.3-3). Os animais (8) foram coletados no sul do Brasil, nas proximidades da cidade de Rio Grande (RS). Tentando achar uma referência para os níveis de elementos traço encontrados, os autores comparam seus resultados com os de outras espécies encontradas na Antártica (*Arctocephalus gazella*) e, surpreendentemente, observam que os valores de Cd e Hg obtidos para *A. australis* foram mais baixos.

No período entre o 4º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traços e o presente relatório não foram encontradas novas publicações envolvendo determinação de elementos traço em *Arctocephalus australis*.

Tabela VII.3.3-3 – Concentrações mínimas e máximas de elementos traço no tecido hepático de *Arctocephalus australis* relatadas por Baraj et al., 2009. Valores em mg kg^{-1} transformado em base seca (considerando 80% de umidade).

	mínimo	máximo
Cd	0,80	147
Cr	5,50	5,20
Cu	18,9	64,1
Pb	0,38	1,40
Mn	20,4	52,3
Zn	212	745,7
Ni	0,45	0,85
Hg	1,60	271

Comparado os valores obtidos com os valores relatados por Baraj et al. observa-se que, apenas Cu (184 mg kg^{-1}) e Ni ($3,81 \text{ mg kg}^{-1}$) tiveram máximos superiores. As concentrações máximas obtidas para Cr ($0,19 \text{ mg kg}^{-1}$), Pb ($0,13 \text{ mg kg}^{-1}$), Zn (349 mg kg^{-1}) e Hg ($62,7 \text{ mg kg}^{-1}$) foram inferiores as relatados por Baraj et al., enquanto os máximos para Cd (179 mg kg^{-1}) e Mn (36 mg kg^{-1}) foram similares. Neste sentido, para efeito de contaminação, podem ser destacadas as concentrações de Cu e Ni. As diferenças nas concentrações obtidas às relatadas por Baraj et al. podem ser justificada pelos diferentes locais onde os animais foram coletados. A maioria dos tecidos hepáticos analisados foram coletados nos trechos 1 (Laguna a Imbituba, SC) e 4 (Gov. Celso Ramos e a Barra Velha, SC), enquanto os tecidos analisados por Baraj et al. foram obtidos por animais coletados bem mais ao sul do Brasil).

Os autores corroboram esta hipótese quando comparam os resultados obtidos com outras espécies do gênero *Arctocephalus* sp.

Não foi possível confirmar na literatura a inexistência de diferenças significativas entre as concentrações de todos os elementos traço analisados para macho e fêmea. No entanto, pode se observar que este é um comportamento comum entre mamíferos marinhos (vide os resultados obtidos para cetáceos).

VII.3.4 Elementos traço derivados de atividades associadas a exploração de Petróleo

Abdullah *et al.* (2012) relatam um estudo para avaliar o impacto da indústria de petróleo na deposição de 11 elementos traço em torno da principal planta de refinaria de petróleo da Malásia em Kerteh Terengganu, parte oriental da península da Malásia. Baseando-se no uso de bioindicadores e análise multivariada os autores apontam a precipitação dos elementos V, Cr, Cu e As no entorno da refinaria como predominantemente originários de suas atividades.

Um estudo sobre a acumulação histórica (dos últimos 100 anos) de elementos traço em sedimentos marinhos a partir da plataforma Tamaulipas, Golfo do México, foi recentemente publicado por Omar *et al.* (2018). Os autores apontam aumento da concentração dos elementos V, Cr, Zn, Cu, Pb, Zr e Ba.

Baseando-se nas discussões acima, podem ser destacados, por apresentar enriquecimento significativo, os elementos Cd, Hg Cu e Ni (considerando as espécies *Chelonia mydas*, *Spheniscus magellanicus*, *Sula leucogaster*, *Sotalia guianensis*, *Arctocephalus australis* como bioindicadores de elementos traço). Comparando com os resultados relatados por Abdullah *et al.* (2012) e Omar *et al.* (2018), somente o Cu é potencialmente originário da indústria de petróleo. Por outro lado, incrementos na concentração de Cu (ainda que considerada só as de origem antrópica) podem ter várias outras fontes diferentes da indústria de petróleo (AZEVEDO; CHASIN, 2003). Assim, não se pode afirmar inequivocamente que este elemento é oriundo da indústria de petróleo para a área de estudo em questão.

VII.4 CONSIDERAÇÕES

As análises de elementos traço em amostras de tecido hepático em tetrápodes marinhos provenientes do PMP-BS tem sido iniciadas em 2016. Tanto o número de espécies quanto o número de indivíduos analisados têm crescido consideravelmente desde o 1º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traços, até o presente relatório. De um relatório inicial (1º Relatório Técnico Anual de Quantificação, Avaliação e Interpretação de Resultados de Elementos Traços) contemplando 20 espécies e 158 indivíduos analisados, contamos hoje com 48 espécies e 2571 indivíduos analisados até dezembro de 2021. Dez (10) destas 48 espécies analisadas, um total de 2421 indivíduos (94,17%) atenderam às exigências mínimas para os tratamentos estatísticos que possam fornecer dados consistentes para análise crítica dos diferentes parâmetros.

Embora alguns elementos traço analisados apresentam valores máximos acima dos valores máximos da referência inicial (Tabela VII-1), ao longo dos anos os respectivos valores médios têm se mantido dentro da faixa de valores de referência. Isto nos permite pensar na viabilidade de se propor o acompanhamento da média móvel de cada um dos elementos traço, e para cada espécie, como ferramenta de monitoramento para detectar possíveis desvios de comportamento. Por outro lado, para alguns elementos como por exemplo Ba e V, se carece de dados na literatura científica que possibilitem qualquer tipo de comparação ou discussão consistente.

Algumas diferenças estatisticamente significativas têm sido encontradas entre os diferentes parâmetros comparados, segundo relatos na literatura científica, estas diferenças podem estar relacionadas a diversos fatores aleatórios como o tipo de alimentação, que para uma mesma espécie pode variar de um local para outro dependendo da disponibilidade dos alimentos. Há de se esperar que fatores como sexo e estágio de desenvolvimento apresentem diferenças significativas para alguns elementos devido principalmente às diferenças fisiológicas (dentre outras).

Finalmente, na análise temporal foram encontradas algumas diferenças estatisticamente significativas entre os anos de coleta, entretanto esta análise foi realizada incluindo todos os indivíduos de cada espécie. Uma análise temporal mais detalhada, como análise temporal por sexo ou estágio de desenvolvimento poderia proporcionar informações mais consistentes. Entretanto, para isto, serão necessários um maior número de indivíduos de modo a se ter um n amostral equivalente para cada parâmetro.

Uma dificuldade presente na hora das discussões foi encontrar artigos científicos realizados com as mesmas espécies, os mesmos elementos traço e tal vez os mesmos locais. As publicações encontradas não abordam todos os elementos aqui analisados, poucas publicações analisaram mais de um ou dois elementos traço. Desta forma, ainda que as análises e discussões sobre os resultados obtidos para os diferentes parâmetros estudados e comparados neste projeto tenham se baseado principalmente nos resultados encontrados na literatura, nos dez anos prévios ao início das análises de elementos traço no PMP-BS e, principalmente considerando que os valores médios obtidos para cada elemento traço se mantiveram dentro do intervalo de referência citado, resulta válido inferir que, devido ao volume de dados gerados, ao número de espécies e indivíduos analisados neste projeto, os resultados aqui apresentados possam servir de referência para futuras pesquisas e discussões científicas.

VII.5 REFERÊNCIAS – ELEMENTOS TRAÇO

ABDULLAH, M. Z. B; SAAT, A. B; HAMZAH, Z. B., 2011. Assessment of the impact of petroleum and petrochemical industries to the surrounding areas in Malaysia using mosses as bioindicator supported by multivariate analysis. **Environ Monit Assess** 184:3459-3969.

ANAN, Y.; KUNITO, T.; WATANABE, I.; SAKAI, H.; TANABE, S., 2001. Trace element accumulation in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) and green turtle (*Chelonia mydas*) from Yaeyama Islands, Japan. **Environ. Toxicol. Chem.** 20: 2802-2814.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. 2003. **Metais**: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Ed Atheneu.

BARAJ, B.; NIENCHESKI, L. F.; FILLMANN, G.; HERMANSS, L., 2009. Biochemical Normalization of Trace Metals in *Arctocephalus australis*. **Brazilian Journal of Oceanography**. 57 (1):1-6.

BARBIERI, E., 2009. Concentration of Heavy Metals in Tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) sampled in the Cananeia Estuary, Brazil. **Brazil. Journ. of Oceanography**. 57:243-248.

BARBIERI, E.; GARCIA, C. A. B.; PASSOS, E. A.; ARAGÃO, K. A. S.; ALVES, J. P. H., 2007. Heavy metal concentration in tissues of *Puffinus gravis* sampled on the Brazilian coast. **Rev. Brasil. de Ornitol.** 15:69-72.

BENEDITTO, A. P. M. D; ARAÚJO, B. F.; CARVALHO, C. E. V., 2019. Hg and $\delta^{15}\text{N}$ in juvenile green turtles from southeastern Brazil (~23°S): Interferences about contamination levels and recruitment to coastal waters. **Marine Pollution Bulletin**. 142:64-68.

BERGHOF. Speedwave Four - Environment, Geology: **Cleaning of Microwave Digestion Vessel** - S.1/12 (Application Note).

BERGHOF. Speedwave Four - Food, Pharma, Cosmetic: **Microwave Digestion of Meat** – S. 82/88 (Application Note).

BIGHETTI, G. P.; PADILHA, J. A.; CUNHA, L. S.T.; KASPER, D.; MALM, O.; MANCINI, P. L. Bioaccumulation of mercury is equal between sexes but different by age in seabird (*Sula leucogaster*) population from southeast coast of Brazil. **Environmental Pollution**, v. 285, p. 117222, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117222>

CAPELLI, R.; DAS, K.; DE PELLEGRINI, R.; DRAVA, G.; LEPOINT, G.; MIGLIO, C.; MINGANTI, V.; POGGI, R., 2008. Distribution of trace elements in organs of six species of cetaceans from the Ligurian Sea (Mediterranean), and the relationship with stable carbon and nitrogen ratios. **Scienc. of the Total Environ.** 390, 569-578.

CELIS-HERNANDEZ, O.; ROSALES-HOZ, L.; CUNDY, A. B.; CARRANZA-EDWARDS, A.; CROUDACE, I. W.; HERNANDEZ-HERNANDEZ, H., 2017. Historical Trace element accumulation in marine sediments from the Tamaulipas shelf, Gulf of Mexico: An assessment of natural vs anthropogenic inputs. **Scienc. of the Total Environ.** 622-623:325-336.

CID, F. D.; GATICA-SOSA, C.; ANTÓN, R. I.; CAVIEDES-VIDAL, E., 2009. Contamination of heavy metals in birds from Embalse La Florida (San Luis, Argentina). **Journal of Environmental Monitoring**. 11:2044-2051.

CIPRO, C. V. Z.; CHEREL, Y.; CAURANT, F.; MIRAMAND, P.; MÉNDEZ-FERNANDEZ, P.; BUSTAMANTE, P., 2014. Trace elements in tissues of white-chinned petrels (*Procellaria aequinoctialis*) from Kerguelen waters, Southern Indian Ocean. **Pol. Biol.** 37:763-771.

CORTÉS, M.; LUNA-JORQUERA, GUILLERMO., 2011. Efecto de la edad y la localidad en la concentración de cadmio y cobre en el hígado de la gaviota dominicana *Larus dominicanus*. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 46, n. 2, p. 287–292.

DA SILVA, C. C.; JR VARELA, A. S.; BARCAROLLI, I. F.; BIANCHINI, A., 2014. Concentration and distributions of metals in tissues of stranded green sea turtles (*Chelonia mydas*) from the southern Atlantic coast of Brasil. **Science of the Total Environment** v 466-467 p. 109-118.

DAY, R. D., CHRISTOPHER, S. J., BECKER, P. R., & WHITAKER, D. W., 2005. Monitoring Mercury in the Loggerhead Sea Turtle, *Caretta caretta*. **Environmental Science & Technology**, 39(2), 437–446.

DI BENEDITTO, A. P., ARAÚJO, B. F., CARVALHO, C. E. V., 2019. Hg and $\delta^{15}\text{N}$ in juvenile green turtles from southeastern Brazil (~23°S): Inferences about contamination levels and recruitment to coastal Waters. **Marine Pollution Bulletin**. 142, 64-68.

DODINO, S.; Riccialdeli, L.; Polito, M. J.; Pütz, K.; Brasso, R. L.; Rey, A. R. Mercury exposure driven by geographic and trophic factors in Magellanic penguins from Tierra del Fuego. **Marine pollution bulletin**, v. 174, p. 113184, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113184>

FRERE, E.; GANDINI, P.; LICHTSCHEIN, V., 1996. Variación latitudinal en la dieta del pinguino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) en la costa Patagónica, Argentina. **Ornitol. Neotrop.** 7:35-41.

GARCIA-GARIN, O.; BORREL, A.; VIGHI, M. AGUILAR, A.; VALDIVIA, M.; GONZÁLEZ, E. M.; DRAGO, M. Long-term assessment of trace elements in franciscana dolphins from the Río de la Plata estuary and adjacent Atlantic waters. **Science of The Total Environment**, V. 788, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147797>

IBAMA, 2001. **Mamíferos Aquáticos do Brasil : Plano de Ação - Versão II.** 61 p. Disponível em http://www.car-spaw-rac.org/IMG/pdf/Mamiferos_Aquaticos_do_Brasil_Plano_de_Acao_-_Versao_II.pdf (acesso: agosto 2017).

ICMBIO, 2001. **Plano de ação nacional para conservação das tartarugas marinhas.** Brasília: Série Espécies Ameaçadas nº 25. 63 p. Disponível em http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-tartarugas/livro_tartarugas.pdf (acesso: agosto de 2017).

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. 2008. **Orientações Sobre validação de métodos de ensaios químicos -DOQ-CGCRE-008. Revisão: 01.**

ISHII, C.; IKENAKA, Y.; NAKAYAMA, S. M. M.; SUZUKI, Y.; WATANUKI, Y.; WATANABE, Y.; FUKUWAKA, M.-A.; YOHANNES, Y. B.; KAWAI, Y. K.; ISHIZUKA, M., 2013. Heavy metal pollution in Japanese seabirds. **Jap. Journ. of Vet. Res.** 61:75-76.

KOJADINOVIC, J.; BUSTAMANTE, P.; LE CORRE, M.; COSSON, R., 2007b. Trace elements in three marine birds breeding on Reunion Island (western Indian Ocean): part 2. Factors influencing their detoxification. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 52:431-440.

KOJADINOVIC, J.; LE CORRE, M.; COSSON, R. P.; BUSTAMANTE, P., 2007a. Trace elements in three marine birds breeding on Reunion Island (western Indian Ocean): part 1. Factors influencing their bioaccumulation. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 52:418-430.

KUNITO, T. *et al.*, 2004. Concentration and subcellular distribution of trace elements in liver of small cetaceans incidentally caught along the Brazilian coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 49, n. 7–8, p. 574–587.

LEHEL, József *et al.* Comparison of metal burden in different muscle tissues of Great cormorant (*Phalacrocorax carbo*). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 2, p. 2375-2384, 2022.

LEMONS, L. S.; MOURA, J. F.; HAUSER-DAVIS, R. A.; CAMPOS, R. C.; SICILIANO, S., 2013. Small cetaceans found stranded or accidentally captured in southeastern Brazil: Bioindicators of essential and non-essential trace elements in the environment. **Ecotox. and Environ. Safety**, 97:166-175.

MENEGÁRIO, A. A.; PEDROBOM, J. H.; SULATO, E. T. Serviços de quantificação, avaliação e interpretação de resultados de elementos traços em

amostras biológicas de tetrápodes marinhos provenientes do programa de monitoramento ambiental da PETROBRAS. Relatório de Estado da Arte, volume único, revisão 02, 10/2017.

MOURA, J. F.; TAVARES, D. C.; LEMOS, L.S.; ACEVEDO-TREJOS, E.; SAINT'PIERRE, T. D.; SICILIANO, S.; MERICO, A., 2018. Interspecific variation of essential and non-essential trace elements in sympatric seabirds. **Environmental Pollution** 242:470-490.

NUMATA, M.; FAWCETT, J. P.; SAVILLE, D. J.; ROSENGREN, R. J., 2008. Hepatic cytochrome P450 activity and pollutant concentrations in paradise shelducks and southern black-backed gulls in the South Island of New Zealand. **Ecotoxicology** 17:697-708.

NUNES, G. T.; EFE, M. A.; BARRETO, C. T.; GAIOTO, J. B.; SILVA, A. B.; VILELA, F.; ROY, A.; BERTRAND, F.; COSTA, P. G.; BIANCHINI, A.; BUGONI, L.. Ecological trap for seabirds due to the contamination caused by the Fundão dam collapse, Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 807, p. 151486, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151486>

OVERJORDET, I. B.; KONGSRUD, M. B.; GABRIELSEN, G. W.; BERG, T.; RUUS, A.; EVENSET, A.; BORGÅ, K.; CHRISTENSEN, G.; JENSSEN, B. M., 2015. Toxic and essential elements changed in black-legged kittiwakes (*Rissa tridactyla*) during their stay in an Arctic breeding area. **Scienc. of the Total Environ.** 502: 548-556.

PADILHA, J. A.; CUNHA, L. S. T.; CASTRO, R. M.; MALM, O. AND DORNELES, P. R., 2018. Exposure of Magnificent Frigatebird (*Fregata magnificens*) and Brown Booby (*Sula leucogaster*) to Metals and Selenium in Rio de Janeiro State (Brazil) Coastal Waters. **Orbital: Electron. J. Chem.** 10 (4): 254-261.

PALAZZO Jr., J. T.; BOTH, M. C. 1998. Guia dos mamíferos marinhos do brasil. Porto Alegre: Editora SAGRA. 156 p.

PÉREZ-LÓPEZ, M.; CID, F.; OROPESA, A. L.; FIDALGO, L. E.; BECEIRO, A. L.; SOLER, F., 2006. Heavy metal and arsenic content in seabirds affected by the Prestige oil spill on the Galician coast (NW Spain). **Scienc. of the Total Environ.** 359: 209-220.

PROJETO TARTARUGAS MARINHAS. 2017. Descrição das espécies de tartarugas marinhas brasileiras. Disponível em www.tamar.org/tartaruga.php?cod=21 (acesso: outubro de 2017).

QUADRI-ADROGUÉ, A.; GÓMEZ-RAMIREZ, P.; GARCÍA-FERNANDEZ, A. J.; GARCÍA, J. O.; SECO-PON, J. P.; MIGLIORANZA, K. S. B. Feather mercury levels in beached Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) in northern Argentina during the non-breeding season. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-9, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17539-7>

SCHILITZ, P. F., 2013. **Avaliação da exposição de botos-cinza (*Sotalia guianensis* Van Benédén, 1864) aos compostos orgânicos de estanho através das concentrações hepáticas de estanho total na Costa Sudeste e Sul do Brasil**. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2013 (Dissertação).

SEIXAS, T. G. *et al.*, 2009 b. Trace elements in different species of cetacean from Rio de Janeiro coast. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 20, n. 2, p. 243–251.

SEIXAS, T. G.; KEHRIG, H. A.; COSTA, M.; FILLMANN, G.; DI BENEDITTO, A. P. M.; SECCHI, E. R.; SOUZA, C. M. M. S.; MALM, O.; MOREIRA, I., 2008. Total mercury, organic mercury and selenium in liver and kidney of a South American coastal dolphin. **Environmental Pollution**, v. 154, n. 1, p. 98–106.

SEIXAS, T. G.; KEHRIG, H. A.; DI BENEDITTO, A. P. M.; SOUZA, C. M. M.; MALM, O.; MOREIRA, I., 2009. Essential (Se, Cu) and non-essential (Ag, Hg, Cd) elements: What are their relationships in liver of *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae)? **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 4, p. 629–634.

SICK, H. 1997. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira S. A. 862 p.

SOUZA, N. L.; CARNEIRO, M. T. W. D.; PIMENTEL, E. F.; FROSSARD, A.; FREIRE, J. B.; ENDRINGER, D. C.; FERREIRA JÚNIOR, P. D., 2018. Trace elements influence the hatching success and emergence of *Caretta caretta* and *Chelonia mydas*. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 50, p. 117–122.

SULATO, E. T.; LUKO-SULATO, K.; PEDROBOM, J. H.; OLIVEIRA, L.M. S.; LIMA, G. S.; GOVONE, J. S.; BARRETO, A. S.; ARAÚJO, M. A. G.; MENEGÁRIO, A. A. Metals and metalloids in green turtle hepatic tissue (*Chelonia mydas*) from Santos Basin, Brazil. **Environmental Research**, v. 203, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111835>

THERMO SCIENTIFIC. **AN-E0619: US EPA SW-846 Method 6020A Using the X Series ICP-MS** (Application Note).

THERMO SCIENTIFIC. **Detection Limits for X Series II ICP-MS Instrumentation.**

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1995. **Method 3052: Microwave Assisted Acid Digestion of Siliceous and Organically Based Matrices.** Washington DC.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1998. **EPA 6020a: Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.** Washington DC.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2007. **EPA 7474: Mercury in Sediment and Tissue Sample by Atomic Fluorescence Spectrometry.** Washington DC.

VEGA, C. M.; SICILIANO, S.; BARROCAS, P. R.; HACON, S. S.; CAMPOS, R. C.; JACOB, S. C.; OTT, P. H., 2010. Levels of cadmium, mercury, and lead in magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) stranded on the brazilian coast. **Arch. of Environ. Contamin. and Toxicol.** 58: 460-468.

VITT, L. J.; CALDWELL, J. P. 2009. **Herpetology - Introductory Biology of Amphibians and Reptiles.** London: Elsevier Inc. 776 p.

VOOREN, C. M.; BRUSQUE, L. F., 1999. **As aves do ambiente costeiro do brasil: Biodiversidade e conservação.** Rio Grande: Fundação Universidade Federal de Rio Grande. 58 p. Disponível em http://www.brasil-rounds.gov.br/round5/arquivos_r5/guias/perfuracao/5round/refere/Aves.pdf (acesso: setembro de 2017).