



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

EMILY PEREIRA DE QUEIROZ

**Concentração de elementos-traço chumbo (Pb) e cobre (Cu) em tecidos de
Chelonia mydas (Linnaeus, 1758) no Litoral Sul de Pernambuco, Nordeste do
Brasil**

Recife
2021
EMILY PEREIRA DE QUEIROZ

Concentração de elementos-traço chumbo (Pb) e cobre (Cu) em tecidos de *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Litoral Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para conclusão da disciplina de estágio curricular obrigatório II e obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Orientador: Dr. Geraldo Jorge Barbosa de Moura (UFRPE)

Coorientadora: Dra. Midiã da Silva Rodrigues (IATI)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- Q3c Queiroz, Emily Pereira de
Concentração de elementos-traço Pb e Cu em tecidos de *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Nordeste do Brasil / Emily Pereira de Queiroz. - 2021.
36 f. : il.
- Orientador: Geraldo Jorge Barbosa de Moura.
Coorientadora: Midia da Silva Rodrigues.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Ciências Biológicas, Recife, 2021.
1. contaminação. 2. tartarugas marinhas. 3. toxicidade. 4. alimentação. I. Moura, Geraldo Jorge Barbosa de, orient. II. Rodrigues, Midia da Silva, coorient. III. Título

Concentração de elementos-traço chumbo (Pb) e cobre (Cu) em tecidos de *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Litoral Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para conclusão da disciplina de Estágio Curricular Obrigatório II e obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Emily Pereira de Queiroz

Área de concentração: Ciências Biológicas

Data de defesa: 06/08/2021

Resultado:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Geraldo Jorge Barbosa de Moura (Presidente e 1° Titular)

Departamento de Biologia, UFRPE

Dra. Midiã da Silva Rodrigues (2° Titular)

Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação, IATI

Prof. Dr. Múcio Luiz Banja Fernandes (3° Titular)

Departamento de Ciências Biológicas, UPE

Aos meus pais que sempre me incentivaram a estudar e a todos que se foram em 2020 e 2021.

AGRADECIMENTOS

A Deus que eu sempre ouvi que faria sua parte se eu fizesse a minha. Sinto que Ele fez mais do que eu nos últimos momentos e me manteve com os pés no chão.

Aos meus pais e meu irmão que me incentivam a ir atrás do que quero. Não teria feito metade sem o apoio de vocês que me deram forças para voltar a estudar o que realmente queria. Entrei nesse curso determinada a orgulhar não só a vocês, mas pela primeira vez como estudante, a mim mesma.

A Midiã Rodrigues que foi mais que uma orientadora e virou uma amiga. Posso falar de várias das suas contribuições acadêmicas, mas lembro principalmente dos seus conselhos, desabaços, fofocas, músicas, nossas risadas e desesperos compartilhadas em meio de tudo que passamos. Esse trabalho não teria acontecido sem você, obrigada por ter me suportado nesses momentos finais.

A Thaysa e Cristina, a qual também agradeço pelas experiências extras em laboratório. Obrigada por também serem parte fundamental da minha caminhada até aqui e terem protagonizado diversos momentos comigo ao longo desses anos.

Ao Prof. Geraldo Moura que me orientou não só academicamente como me mostrou empatia. Me incentivou a fazer a seleção para trabalhar com Midiã no LEHP e desde então tem me apoiado na minha própria jornada. Obrigada por ter me incentivado desde o primeiro dia de aula.

A Lucas Gabriel que continuou acreditando em mim quando eu mesma deixei. Seu apoio e compreensão foram parte do que me fizeram conseguir chegar até aqui. Mais do que qualquer um você esteve comigo nos piores momentos e me ajudou a transformá-los em força.

Ao PET Biologia e a maravilhosa tutora Prof^a. Dra. Jaqueline Bianque. Meu período no Programa foi de um crescimento pessoal e profissional enorme. Sou grata por todos nossos momentos juntos.

A SBBB1! Nos disseram na recepção de calouro que amigos na faculdade são raros e que não se consegue grupos de estudos depois do 3º período, mas aqui estamos nós. Nunca deixamos de nos apoiar, conversar e estudarmos juntos, até madrugando em chamadas quando necessário. Sem vocês eu não teria conseguido os resultados que tive e ao mesmo tempo me sentir em casa, vocês foram a melhor turma que qualquer um poderia ter.

Aos meus familiares e amigos em geral. Amo a todos e sou muito grata a toda força que vocês têm me dado, mesmo que inconscientemente. “Viver não cabe no Lattes” e ter vocês por perto é a melhor coisa que eu poderia ter.

Ao Prof. Dr. Múcio Banja por ter aceitado o convite para participar deste momento tão importante em minha vida e pelas contribuições com a minha formação. Jamais esquecerei do meu primeiro minicurso ao lado de Midiã e você nos deu essa oportunidade.

A ONG Ecoassociados pela ajuda com as coletas, sendo parte essencial deste trabalho. Local onde fui na minha recepção de calouros, com o Prof. Geraldo, e me encantei com o belíssimo trabalho realizado. Não poderia finalizar minha graduação de forma melhor do que fechando esse ciclo.

A todos que contribuíram de forma direta e indireta, busquei formas de expressar minha gratidão, mas o que eu sinto por todos vocês é inefável.

“Não sabemos quanto tempo nos resta, não podemos desperdiçá-lo lamentando coisas que não podemos mudar.”

(Stephen King)

RESUMO

QUEIROZ, E. P. **Concentração de elementos-traço Pb e Cu em tecidos de *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Nordeste do Brasil.** 2021. Monografia – Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2021.

Entre as ameaças às espécies de tartarugas está a contaminação dos ambientes marinhos por elementos-traço que penetram nos organismos pela alimentação, vias respiratórias ou cutânea e podem ser repassados pelos níveis tróficos. A espécie *Chelonia mydas* apresenta de hábitos costeiros cujo item principal da dieta são algas marinhas, as quais já tiveram comprovação de acumulação por elementos-traço. Este trabalho determinou as concentrações dos elementos-traço chumbo (Pb) e cobre (Cu), a fim de saber o nível de contaminação dos indivíduos locais e a biodisponibilidade dos elementos em habitat. Para isso foram usadas 43 amostras dos órgãos fígado e músculo de *C. mydas* do litoral Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil, recolhidas de novembro de 2016 a novembro de 2018. A quantificação foi realizada em espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES). A presença de Cu apresentou maior quantidade em fígado, enquanto Pb esteve presente em concentração mais elevada em músculo, não sendo detectável no fígado. Para Cu, a maior concentração encontrada foi $64.683 \text{ mg kg}^{-1}$ (6.389–212.286) enquanto para Pb foi de 4.115 mg kg^{-1} (1.4–7.424). O litoral Sul de Pernambuco apresentou concentrações maiores que demais estados brasileiros e diversas áreas ao redor do mundo, mostrando como outras ameaças à espécie mascaram os impactos desses contaminantes, cujos mecanismos de acumulação necessitam de mais estudos para serem plenamente compreendidos. Os valores encontrados fornecem base para monitoramento da espécie e contaminação do habitat local.

Palavras-chave: contaminação; tartarugas marinhas; toxicidade; alimentação

ABSTRACT

QUEIROZ, E. P. **Concentration of trace elements Pb and Cu in *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) tissues in Northeastern Brazil.** 2021. Monografia – Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2021.

Between threats to sea turtles species is the contamination of marine environments caused by trace elements which infiltrate into organisms through food, airways or skin and can be passed on by trophic levels. The species *Chelonia mydas* has coastal habits whose main diet item is seaweed, which had evidence of accumulation by trace elements. This work determined the concentrations of trace elements lead (Pb) and copper (Cu), in order to know the level of contamination of local individuals and the bioavailability of the elements in habitat. 43 samples of *C. mydas* liver and muscle organs from the southern coast of Pernambuco, Northeast Brazil, collected from November 2016 to November 2018 were used. The quantification was performed by an Inductively coupled plasma - optical emission spectrometry (ICP OES). Cu showed a greater amount in liver, while Pb was present in a higher concentration in muscle, not being detectable in liver. For Cu, the highest concentration found was 64,683 mg kg⁻¹ (6,389–212,286) while for Pb it was 4,115mg kg⁻¹ (1.4–7,424). The southern coast of Pernambuco showed higher concentrations than other Brazilian states and several areas around the world, showing how other threats to the species mask the impacts of these contaminants, whose accumulation mechanisms need further studies to be fully understood. The values found provide a basis for monitoring the species and contamination of the local habitat.

Keywords: contamination; sea turtles; toxicity; feeding habits

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE FIGURAS	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 ÁREA DE ESTUDO E COLETA DAS AMOSTRAS.....	16
3.2 ANÁLISE DOS ELEMENTOS.....	17
4 RESULTADOS	19
5 DISCUSSÃO	21
6 CONCLUSÃO	28
REFERENCIAS	30

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Concentrações de Cu e Pb (mg kg⁻¹ de massa seca) no fígado e musculatura de *Chelonia mydas* do Litoral Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil.....19
- Tabela 2.** Média, desvio padrão e variações das concentrações de Cu e Pb (média e variação em mg kg⁻¹ de massa seca) no fígado e musculatura de *Chelonia mydas* do Litoral Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil.....20
- Tabela 3.** Concentrações de cobre e chumbo (média e variação em mg kg⁻¹ de massa seca) no fígado e músculo de *Chelonia mydas* em diferentes estudos.....26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa adaptado de Rodrigues et al. (2020) referente aos locais de coleta dos indivíduos *Chelonia mydas* ao longo da costa de Pernambuco.....16

Figura 2. Biometria sendo aferida a partir de fita métrica para determinar o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) e largura curva da carapaça (LCC).....16

1. INTRODUÇÃO

Ecosistemas marinhos estão expostos a uma variedade de contaminantes que podem permanecer no ambiente, afetando organismos a nível de teia alimentar, alterando sua estrutura e influenciando a bioacumulação nos tecidos de plantas e animais marinhos (HYLLAND, 2006; JAKIMSKA et al., 2011; LEY-QUIÑÓNEZ et al., 2011). Devido às constantes alterações antropogênicas em ecossistemas marinhos e costeiros, esses elementos essenciais e não essenciais se mostram como ameaça para populações de tartarugas, sendo relatados anteriormente como potenciais ameaças às espécies ao redor do mundo (CAURANT et al., 1999; GODLEY; THOMPSON; FURNESS, 1999; SAKAI et al., 2000; FRANZELLITTI et al., 2004; MAFFUCCI et al., 2005; STORELLI et al., 2005; ANDREANI et al., 2008 ; KOMOROSKE et al., 2011; LEY-QUIÑÓNEZ et al., 2011; LEY-QUIÑÓNEZ et al., 2013; CORTÉS-GÓMEZ; ROMERO; GIRONDOT, 2017) e nas regiões do Nordeste (BEZERRA et al., 2012; MACÊDO et al., 2015), Sudeste (BARBIERI, 2009) e Sul (SILVA et al., 2014) do Brasil.

Tartarugas marinhas são amplamente distribuídas em águas tropicais e temperadas dos oceanos (SAKAI et al., 2000), crescendo como bioindicadores de elementos-traço (ETs) em ecossistemas marinhos por serem vertebrados de vida longa que bioacumulam contaminantes através de alimentos, sedimentos e água (CAURANT et al., 1999; ANDREANI et al., 2008). Sendo assim usadas como sentinelas da saúde do ecossistema. As espécies costeiras são as que apresentam níveis maiores de contaminantes inorgânicos por exposição recente (LEY-QUIÑÓNEZ et al., 2013). Entre principais ameaças às espécies de tartarugas marinhas, estão as atividades pesqueiras, a fibropapilomatose, a degradação de praias de nidificação e habitats por interação humana, incluindo detritos plásticos, óleos, alcatrão, organoclorados e acúmulo de elementos-traço, bem como as alterações climáticas (SAKAI et al., 1995; GODLEY; THOMPSON; FURNESS, 1999; SAKAI et al., 2000; CAURANT et al., 1999; ALMEIDA, 2011).

Um dos motivos para priorizar a conservação das tartarugas marinhas está relacionado a dependência de áreas próximas à costa para forrageio e habitat, sendo sensíveis a alterações nesses ecossistemas, levando ao atraso da

maturação (KOMOROSKE et al., 2011). Águas costeiras de países tropicais e subtropicais estão próximas a regiões em constante desenvolvimento, levando resíduos domésticos e industriais, como cobre (Cu), para essas águas (SAKAI et al., 2000). Existe dificuldade em quantificar os efeitos negativos nas espécies costeiras pois a redução da qualidade de habitat raramente leva a mortalidade imediata, podendo levar anos para se manifestar em espécies com alta longevidade (KOMOROSKE et al., 2011).

Também conhecida popularmente como “tartaruga verde”, *Chelonia mydas* é uma das espécies de tartarugas marinhas existentes no Brasil (IUCN, 2004). A espécie tem distribuição cosmopolita dos trópicos até zonas temperadas. Apresentam um longo ciclo de vida, com maturação sexual entre 26 e 40 anos e hábito migratório elevado (ALMEIDA, 2011). Juvenis de áreas pelágicas oceânicas são considerados carnívoros (SAKAI et al., 2000) e os adultos são preferencialmente herbívoros, consomem macroalgas e fanerógamas marinhas (BJORNDAL; LUTZ; MUSICK, 1997; KASKA et al., 2004; AWABDI et al., 2013; RODRIGUES et al., 2019), com hábitos costeiros maiores que as demais espécies (SAKAI et al., 2000; ALMEIDA, 2011).

Elementos-traço podem apresentar toxicidade em baixas concentrações, como chumbo (Pb) que está entre os sem função biológica conhecida (MARCHI et al., 2009; JAKIMSKA et al., 2011). Alguns elementos-traço são considerados essenciais do ponto de vista biológico, porém quando presentes em altas concentrações e sob certas condições causam impactos negativos (MARCHI et al., 2009). Um desses elementos essenciais é o Cu, importante para o crescimento e ciclos de vida dos organismos (JAKIMSKA et al., 2011). Essenciais ou não essenciais, possuem grande relevância na ecotoxicologia por serem altamente persistentes e com potencial tóxico para todos organismos (STORELLI et al., 2005; LEY-QUIÑÓNEZ et al., 2011). Penetram nos organismos através de alimentação, vias respiratórias ou pela pele. Sua nocividade não se deve apenas ao grau de contaminação do ambiente, mas também em funções bioquímicas em processos metabólicos (JAKIMSKA et al., 2011). Concentrações elevadas acarretam em disfunções dos sistemas imune e endócrino, afetando reprodução e crescimento (HYLLAND, 2006). Seus efeitos podem variar com idade, tamanho, sexo, status reprodutivo e saúde das espécies expostas (IKONOMOPOULOU et al., 2009).

Por isso, determinar as concentrações de Cu e Pb, elemento essencial e não essencial, em fígado e musculatura de *C. mydas* do litoral Sul de Pernambuco, fornece dados sobre a biodisponibilidade desses químicos no habitat para o monitoramento de suas concentrações no organismo da espécie, contribuindo com a ecotoxicologia, na medida em que viabiliza informações para outros estudos acerca de uma população e contribui para o conhecimento sobre os níveis de poluição nas localidades que estes animais habitam (BARBIERE, 2009; MACÊDO 2016; SILVA et al., 2014).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar concentração de cobre (Cu) e chumbo (Pb) em tecidos de *Chelonia mydas* da costa Sul de Pernambuco

2.2 Objetivos Específicos

Levantar os níveis de contaminação das tartarugas investigadas;

Comparar os níveis de concentração de metais pesados Cu e Pb com dados registrados em outros locais do mundo;

Contribuir com os estudos sobre qualidade de saúde em tartarugas verdes marinhas do Brasil.

As necropsias ocorreram no Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos (LEHP) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Os animais tiveram sua biometria aferida a partir de fita métrica, determinando o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) e largura curva da carapaça (LCC) para determinar o estágio de vida dos indivíduos encontrados (BOLTEN, 1999). As amostras de fígado e músculo peitoral foram armazenadas a -20°C, sem acréscimo de produto químico. Esse trabalho foi realizado sob licença SISBIO Nº 56195-2, de acordo com a Instrução Normativa 154/2007 do Ibama que prevê em seu artigo 26 o recolhimento e transporte de animais encontrados mortos para uso científico e didático, por qualquer cidadão, desde que o animal seja destinado à instituição científica.



Figura 2. Biometria sendo aferida a partir de fita métrica para determinar o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) e largura curva da carapaça (LCC)

3.2 ANÁLISE DOS ELEMENTOS

Os instrumentos e vidrarias utilizados foram esterilizados em HNO₃ 10% por pelo menos 24h e lavado com água destilada-deionizada, secando em temperatura ambiente. Foi acrescentado nos frascos de digestão ácido nítrico e colocados em micro-ondas Anton Paar® para digestão da matéria orgânica e limpeza do material.

As amostras de fígado e músculo foram descongeladas e adicionadas em placas de Petri, identificadas, para secar em estufa com temperatura entre 55°C e 60°C por 24h ou secagem completa. O material foi triturado para obtenção de pó.

Foi definido o teor de carbono residual (RCC) com auxílio de bloco digestor (Spectroquant TR 420, Merck, Alemanha) a 150°C por 2h, a amostra era diluída quando o teor ainda era alto.

As amostras foram digeridas em ácido no micro-ondas e os controles triplicados passaram por todas etapas de preparo das amostras, sem os tecidos. Posteriormente, o conteúdo foi transferido para tubo cônico de polietileno e o volume de 15mL completado com água destilada-deionizada.

Para o músculo peitoral foi utilizado 500mg com 5mL de ácido nítrico 65% em frascos digestores de perfluoroalcolxi (PFA). A digestão foi realizada em micro-ondas Multiwave 3000 Anton Paar®

Para fígado foi utilizado 500mg com 5mL de ácido nítrico a 65% em frasco de politetrafluoroetileno modificado (TFM), fechados e tratados em micro-ondas DGT 100 Plus, Provecto Analítica.

Para determinação dos limites de quantificação (LQ) e detecção (LD) foram realizados por preparação de 10 brancos analíticos submetidos a digestão estabelecida para os respectivos tecidos. Para o limite de detecção, foi calculado $3 \times DP_{\text{Branco}}/a$ e o limite de quantificação $10 \times DP_{\text{Branco}}/a$. “ DP_{Branco} ” foi o desvio-padrão do sinal analítico do branco ($n = 10$) e “ a ” o coeficiente angular da curva analítica dos elementos (ANALYTICAL METHODS COMMITTEE, 1987).

A determinação das concentrações de Cu e Pb nos tecidos foi feita em espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES) modelo 5100, Agilent Technologies, EUA. Para os dados encontrados, foram calculados a média e o desvio padrão a partir dos valores min – máx em mg/kg peso seco.

4. RESULTADOS

Foram analisadas 43 tartarugas dos encalhes ao longo da costa Sul de Pernambuco. Seus tamanhos variaram entre 32cm e 111cm de comprimento curvilíneo da carapaça. Apenas um dos indivíduos foi considerado adulto, sendo juvenis até 95 cm de CCC (GROSSMAN et al., 2007).

O Limite de Quantificação para Cu foi de 0,35 em fígado e 0,21 em músculo. Já Pb teve limite de 6,1 para fígado e 1,4 em músculo. As amostras de Pb em fígado ficaram abaixo do LQ. Valores expressos em mg kg⁻¹. Segue abaixo a tabela referente as concentrações das 43 amostras.

Tabela 1. Concentrações de Cu e Pb (mg kg⁻¹ de massa seca) no fígado e musculatura de *Chelonia mydas* do Litoral Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil.

Tecido	Fígado		Músculo	
	Cu	Pb	Cu	Pb
Animal				
1	-	-	1,387	*
2	-	-	0,239	*
3	-	-	0,611	*
4	21,173	*	0,992	*
5	52,940	*	0,709	3,026
6	39,782	*	0,841	5,192
7	-	-	*	*
8	120,314	*	0,730	6,117
9	9,665	*	0,598	*
10	38,717	*	0,288	5,137
11	90,058	*	*	*
12	23,975	*	2,205	6,404
13	92,202	*	0,395	6,497
14	64,940	*	0,246	6,015
15	93,262	*	0,906	6,811
16	41,270	*	1,535	5,621
17	14,626	*	0,731	*
18	38,588	*	*	*
19	141,567	*	1,900	7,411
20	94,528	*	0,435	7,187
21	30,316	*	1,292	*
22	23,409	*	0,782	5,753
23	106,286	*	1,152	4,304
24	47,947	*	1,278	6,570
25	35,676	*	1,028	7,424
26	171,214	*	0,513	6,601
27	20,582	*	*	*
28	40,610	*	*	3,194

29	43,499	*	0,436	6,892
30	70,966	*	0,510	*
31	76,331	*	0,273	5,401
32	120,165	*	0,467	5,756
33	55,317	*	1,079	4,903
34	54,101	*	0,630	6,009
35	30,845	*	*	6,589
36	82,476	*	*	*
37	6,389	*	0,426	5,965
38	12,939	*	*	*
39	176,742	*	2,365	6,140
40	48,891	*	*	*
41	25,303	*	34,890	*
42	52,733	*	0,344	6,232
43	212,286	*	0,849	*

* Valores abaixo do Limite de Quantificação (LQ) do método.

Abaixo estão os valores das variações das concentrações encontradas nas amostras e as médias e desvio padrão.

Tabela 2. Média, desvio padrão e variações das concentrações de Cu e Pb (média e variação em mg kg⁻¹ de massa seca) no fígado e musculatura de *Chelonia mydas* do Litoral Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil.

Amostra	Elemento (mg kg ⁻¹), média e variação de concentração em parênteses	
	Cu	Pb
Fígado		
Média	64.683	*
Variação da concentração	(6.389–212.286)	*
Desvio padrão	48.988	3.599
Músculo		
Média	1.510	4.115
Variação da concentração	(0.210–34.890)	(1.4–7.424)
Desvio padrão	5.2399	2.381

*Abaixo do Limite de Quantificação

5. DISCUSSÃO

O termo “metal pesado” ou “metal” é utilizado frequentemente de forma errônea para denominar elementos presentes em baixas concentrações (<0,1%) em solos, plantas e animais. A denominação “elemento-traço” (IUPAC, 1997) é mais apropriada tecnicamente, visto que foi atribuída por uma organização química (MARCHI et al., 2009).

Elementos-traço são componentes naturais de rochas e solos que entram no ambiente marinho a partir de intemperismo e erosão (GARRETT, 2000). Chumbo e cobre são usados na agricultura e indústria, constituindo fontes de contaminação de solos e das águas (CORTÉS-GÓMEZ; ROMERO; GIRONDOT, 2017) sendo poluentes que não se decompõem (JAKIMSKA et al., 2011). As fontes de biodisponibilidade desses contaminantes incluem: contaminação industrial, erosão, intemperismo, escape de gases e fluidos ao longo de fraturas na crosta terrestre, atividade vulcânica, esgoto, queima de combustível, mineração e fundição (GARRETT, 2000; JAKIMSKA et al., 2011). Processos biogeoquímicos ocorrem naturalmente no ambiente, porém desde a revolução industrial a intervenção antropogênica aumentou a taxa de redistribuição dos elementos no ambiente (GARRETT, 2000).

Com seu nível regulado por processos metabólicos, Cu é um importante constituinte de enzimas e outros compostos, sendo um micronutriente essencial (CAVALCANTI, 2003; JAKIMSKA et al., 2011) que possui função no transporte de oxigênio, produção de energia e atividade enzimática (KASKA et al., 2004; D'ILIO et al., 2011); podendo ser tóxico em alta concentração (SAKAI et al., 2000; FRANZELLITTI et al., 2004; JAKIMSKA et al., 2011) e tendo seu nível afetado pela fome a curto prazo (DEBACKER, 2000).

Pb é um elemento não essencial, tóxico em baixa concentração e pode ter efeitos negativos no DNA e processos enzimáticos, interferindo na vida de organismos que possuam mecanismos de desintoxicação e excreção de metais (JAKIMSKA et al., 2011). Pb e seus compostos podem causar anemia crônica, supressão do sistema imunológico e neoplasias. Acumulando com a idade e exibindo taxas maiores em indivíduos adultos (BEYERSMANN; HARTWIG, 2008; BARBIERI, 2009; MACÊDO et al., 2015). Em répteis, Pb causa distúrbios comportamentais, afetando a sobrevivência, crescimento, aprendizagem,

metabolismo, além de potencial cancerígeno (JAKIMSKA et al., 2011; ORTIZ-SANTALIESTRA et al., 2019); sendo capaz de alterar funções do sistema imunológico e aumentar a ocorrência de doenças infecciosas em tartarugas marinhas (FINLAYSON.; LEUSCH; VAN DE MERWE, 2016; CORTÉS-GÓMEZ; ROMERO; GIRONDOT, 2017).

Tabela 3. Concentrações de cobre e chumbo (média e variação em mg kg⁻¹ de massa seca) no fígado e músculo de *Chelonia mydas* em diferentes estudos

Local	Fígado		Músculo		Referência
	Cu	Pb	Cu	Pb	
Brasil	64.683 (6.389–212.286)	Nq	1.510 (0.210–34.890)	4.115 (1.4–7.424)	Presente estudo
Brasil	20,7 ± 2.46 ^c 39,9 ± 1.94 ^d	0,06 ^c 0,37 ^d	na	na	Barbieri (2009)
Brasil	36.7 ± 9.3 (21.6–51.6) ^c	0.53 ± 0.45 (0.18–1.58) ^c	na	na	Macêdo et al. (2015)
Brasil	100.9 ± 15.9 (31.4–388.8) ^c	4.5 ± 0.5 (0.9–14.5) ^c	1.2 ± 0.2 (0.3–5.3) ^c	4.2 ± 0.3 (2.7–8.7) ^c	Silva et al. (2014)
Chipre	na	nd nd±1.84 ^c	na	nd nd±2.45 ^c	Godley; Thompson; Furness (1999)
Costa Rica	100±11 ^d	0.07±0.014 ^d	na	na	Andreani et al., (2008)
Japão	120 ± 37 75.9–161 ^a	0.511 ± 0.531 0.096–1.55 ^a	0.730 ± 0.107 0.660–0.853 ^a	0.043 ± 0.009 0.035–0.043 ^a	Anan et al. (2001)
	145 ± 96 36.4–340 ^b	0.505 ± 0.386 0.059–1.49 ^b	0.928 ± 0.484 0.541–2.06 ^b	0.110 ± 0.047 0.030–0.211 ^b	
Japão	na	0.48* ^c	na	nd	Sakai et al. (2000)
México	60.04 (6.79–133) ^c	nd	0.03 (nd–13.76) ^c	0.01 (nd–1.23) ^c	Gardner et al. (2006)
México	76.52 (6.79–128) ^d	0.00 (nd–0.07) ^d	na	na	Talavera-saenz et al. (2007)
Sul da China	133.0±148.6 ^c 9.168±2.881 ^d	0.152±0.043 ^c 0.826±0.091 ^d	3.735±1.643 ^c 1.562±0.112 ^d	0.082±0.103 ^c 0.264±0.113 ^d	Lam et al. (2004)
Turquia	1.71 ± 0.80 0.56-3.02 ^c	2.47 ± 2.51 (1.18-13.52) ^c	2.10 ± 0.85 (0.94-3.54) ^c	1.44 ± 0.33 (1.07-2.63) ^c	Kaska et al. (2004)

Nq: não quantificável

Nd: não detectável

Na: não analisado

*Peso seco convertido por Lam et al., 2004

^a: macho

^b: fêmea

^c: juvenil

^d: adulto

Nas concentrações deste estudo, o maior valor encontrado para Cu foi em fígado (64.683), enquanto Pb se mostrou em maior quantidade no músculo (4.115) e abaixo do Limite de Quantificação para fígado.

Não foi possível identificar Pb em nossas amostras de fígado, concentrações maiores foram relatadas na Turquia (KASKA et al., 2004), adultos da Costa Rica (ANDREANI et al., 2008), Japão (SAKAI et al., 2000; ANAN et al., 2001) e China (LAM et al., 2004). As concentrações em fígado para o elemento essencial Cu em neste trabalho, apresentou concentrações menores que Japão (ANAN et al., 2001), adultos da Costa Rica (ANDREANI et al., 2008), adultos do México (TALAVERA-SAENZ et al., 2007) e juvenis na China (LAM et al., 2004). Tivemos concentração maior em comparação ao México (GARDNER et al., 2006), adultos na China (LAM et al., 2004), e Turquia (KASKA et al., 2004).

A concentração de Pb em músculo no presente estudo apresentou valores acima das demais regiões: Japão (SAKAI et al., 2000; ANAN ET al., 2001), México (GARDNER et al., 2006), China (LAM et al., 2004) e Turquia (KASKA et al., 2004). Em Chipre a concentração de Pb em músculo de *C. mydas* foi abaixo do limite de detecção (GODLEY; THOMPSON; FURNESS, 1999), portanto, menores que no litoral de Pernambuco.

Para comparação de Cu em músculo, este trabalho apresentou concentração maior que o Japão (ANAN et al., 2001) e o México (GARDNER et al., 2006), apresentando valores menores que China (LAM et al., 2004) e Turquia (kaska et al., 2004).

Entre território brasileiro, foi observado que elementos-traços, incluindo Cu e Pb, apresentam afinidade com rins, fígado e ossos de forma semelhante em *E. imbricata*, e *C. mydas* (MACÊDO et al., 2015). Em comparação a Bahia e São Paulo (BARBIERI, 2009; MACÊDO et al., 2015), Pernambuco exibiu maior concentração de Cu no fígado, enquanto Rio Grande do Sul (SILVA et al., 2014) teve concentração maior de Cu e Pb no fígado comparado aos demais estados. Em relação ao músculo, PE apresentou concentração maior para Cu em comparação ao Rio Grande do Sul e menor para Pb.

Em São Paulo, os altos níveis de Cu e Pb no fígado de *C. mydas* foram atribuídos à bioacumulação específica da espécie e não à poluição do habitat, apresentando números maiores do que cetáceos e aves marinhas (BARBIERI, 2009).

As concentrações dos elementos-traço em *C. mydas* pode ser determinada principalmente pelo local de exposição (GARDNER et al., 2006; ANDREANI et al., 2008; KOMOROSKE et al., 2011), além de poder variar com idade, sexo e hábitos

migratórios (ANDREANI et al., 2008). No Brasil, as concentrações desses poluentes químicos ainda são pouco conhecidas (BEZERRA et al., 2012).

Concentrações menores de elementos essenciais e tóxicos ao passar da idade em *C. mydas* podem estar relacionadas à mudança de habitat e preferência alimentar entre juvenis e adultos, modificando a exposição aos contaminantes ambientais (GODLEY; THOMPSON; FURNESS, 1999; SAKAI et al., 2000; BEZERRA et al., 2012). Contudo, a dieta de *C. mydas* localizadas no Nordeste do Brasil, consiste principalmente de macroalgas, sendo a maioria Rhodophyta, tendo as Chlorophyta e Phaeophyta presentes em menor quantidade (RODRIGUES et al., 2019).

Foi registrada no país a presença de Pb e Cu para espécies dos grupos de algas pertencentes na dieta (KAREZ et al., 1994). Vale ressaltar que cobre acumula nas algas marinhas, sendo elas os itens principais das dietas das tartarugas verdes, podendo assim explicar, concentração alta na espécie (CORTÉS-GOMEZ et al., 2017). Além disso, as macroalgas têm capacidade de acumular elementos essenciais e não essenciais milhares de vezes a mais do que a concentração presente na água do mar (ANDREANI et al., 2008). Destaca-se que os elementos Cu e Pb causam alterações metabólicas em moluscos (JAKIMSKA et al., 2011) que podem aparecer em menor frequência como itens alimentares de *C. mydas* (RODRIGUES et al., 2019).

Acredita-se que tartarugas verdes, por serem preferencialmente herbívora, são menos contaminadas que *Caretta caretta*, espécie carnívora (STORELLI et al., 2005; D'ILIO et al., 2011). O acúmulo de cobre em fígado e rins da tartaruga verde pode ser maior que *C. caretta* (SAKAI et al., 1995; ANDREANI et al., 2008), com ambas espécies com quantidade maior que *Lepidochelys kempii*, embora suas concentrações em músculo possam ser comparáveis (CAURANT et al., 1999; CORTÉS-GOMEZ et al., 2017). Concentrações de Cu e Pb em *C. mydas* podem ser maiores que *Eretmochelys imbricata* (ANAN et al., 2002). O conteúdo estomacal de *C. mydas* pode apresentar concentração de Pb maior que fígado, enquanto Cu é mais elevado no fígado como mostrado em Talavera-Saenz et al. (2007).

Taxas de Cu e Pb em tartarugas marinhas são maiores no fígado e rins em comparação a outros tecidos, já o músculo apresenta baixa afinidade, como mostrado por diversos trabalhos (SAKAI et al., 1995; CAURANT et al., 1999; GODLEY; THOMPSON; FURNESS 1999; SAKAI et al., 2000; ANAN et al., 2001;

FRANZELLITTI et al., 2004; MAFFUCCI et al., 2005; STORELLI et al., 2005; GARDNER et al., 2006; ANDREANI et al., 2008) e reforçado por este para Cu, enquanto Pb foi observado apenas no músculo.

Níveis de Cu podem ser menores no tecido muscular de tartarugas em comparação a mamíferos e aves marinhas (SAKAI et al., 2000; STORELLI et al., 2005). Ainda assim, o músculo pode apresentar taxas maiores em tartarugas marinhas, comparados aos mesmos tecidos, para outros elementos como As e Zn (SAEKI et al., 2000; KASKA et al., 2004; MAFFUCCI et al., 2005).

A concentração elevada de Cu encontrada no fígado neste e demais trabalhos, explica-se pelo órgão representar a exposição recente do animal, sendo responsável por receber produtos químicos para serem metabolizados logo após via tegumentar, pulmonar ou absorção intestinal (GRILLITSCH e SCHIESARI, 2010).

Concentrações de elementos-traço no fígado de tartarugas marinhas podem ser maiores que em outros animais marinhos (ANAN et al., 2002). Neste trabalho a concentração de chumbo fígado ficou abaixo do limite de quantificação, mas sabe-se que em pássaros, concentração de 10 $\mu\text{g.g}^{-1}$ em peso seco pode causar efeitos tóxicos subclínicos (FRANSON, 1996). Em mamíferos, estes mesmos dados de concentração hepática consistem com intoxicação aguda (MA, 1996; GODLEY; THOMPSON; FURNESS, 1999).

O acúmulo dessas substâncias em mamíferos e aves marinhas de níveis tróficos elevados e longo período de vida, podem variar de acordo com idade, sexo, reprodução e migração (SAKAI et al., 2000). Cu e Pb interagem com grupos de moluscos, crustáceos, equinodermos, peixes, pássaros, répteis e mamíferos (JAKIMSKA et al., 2011). A transferência trófica dos elementos tóxicos e essenciais ocorre nos répteis, incluindo as tartarugas marinhas (GRILLITSCH e SCHIESARI, 2010) e embora a concentração de químicos seja menor quando comparada com outros organismos marinhos e costeiros, pouco se sabe sobre os efeitos toxicológicos de contaminantes químicos e seus impactos na saúde dos répteis (FINLAYSON; LEUSCH; VAN DE MERWE, 2016).

A concentração desses elementos nos tecidos de organismos pode ser uma ameaça a seus predadores. Em relação à presa pode ocorrer biomagnificação ou biodiluição, levando em consideração o fator de transferência trófica (DEFOREST; BRIX; ADAMS, 2007; JAKIMSKA et al., 2011). Seus efeitos adversos são desconhecidos para megafauna marinha e a bioacumulação dessas substâncias

tóxicas preocupa pelos impactos nos organismos marinhos, incluindo as tartarugas (CORTÉS-GÓMEZ; ROMERO; GIRONDOT, 2017).

Testes de competição indireta em plasma *in vitro* mostraram que Cu compete por sítios de ligação com testosterona em *C. mydas* e estradiol compete com Cu e Pb, fazendo com que altas concentrações de cobre reduzam os efeitos dos hormônios (IKONOMOPOULOU et al.; 2009). Pb é um elemento que pode entrar facilmente na teia alimentar e se acumular em tecidos (MACÊDO et al., 2015), sendo encontrado em altas concentrações em ossos de tartarugas marinhas (SAKAI et al., 2000; MACÊDO et al., 2015) que podem transferir Cu e Pb através dos ovos (SAKAI et al., 1995; KASKA et al., 2004).

Em tartarugas afetadas por fibropapilomatose, foram encontradas altas concentrações de Cu e Pb em comparação aos animais sem a condição, relacionando os contaminantes ao estresse oxidativo (SILVA et al., 2016). Isso sugere que os elementos essenciais e tóxicos, mesmo não sendo a causa principal, estão relacionados a efeitos indiretos no surgimento da fibropapilomatose (FINLAYSON.; LEUSCH; VAN DE MERWE, 2016). Do presente estudo, 8 apresentavam a doença.

As tartarugas marinhas são conhecidas por acumular altas quantidades de Cu no fígado em comparação a outros animais marinhos (ANAN et al., 2001). Isso acontece quando a concentração do metal é elevada no ambiente. O excesso de Cu armazenado é associado a metalotioneína como uma forma não tóxica do metal. (ANDREANI et al., 2008; SILVA et al., 2014). No Pacífico, 85% do Cu em citosol no fígado de *C. mydas* estavam associados a MT (ANAN et al., 2002). Metalotioneína (MT) é uma proteína reguladora da disponibilidade intracelular de elementos e sua ligação com os mesmos protege o organismo, defendendo dos efeitos tóxicos que teriam quando ligados a proteínas ou enzimas (ROESIJADI, 1996). Pode se apresentar em maior quantidade em *C. mydas* do que *Caretta caretta* (ANDREANI et al., 2008).

Storrelli et al., 2005 observou uma diminuição nos níveis de contaminação por Pb após 10 anos em *Caretta caretta*, tartaruga-cabeçuda, no Mar Mediterrâneo, relacionando a redução com a regulamentação de gasolina com chumbo em sua composição na região, desta maneira, reforçando a ideia da importância desses animais para a sinalização da saúde do ambiente.

O nível de ameaça da espécie é “Em Perigo” (EN) (IUCN, 2004). No Brasil, a ingestão de detritos plásticos se mostrou capaz de ocasionar morte de juvenis, ameaça mascarada pelas atividades pesqueiras, que é a atual maior causa de morte desses animais na região (SANTOS et al., 2015), que apresenta alta mortalidade dos juvenis por captura acidental ao longo da costa (ALMEIDA, 2011; MONTEIRO et al., 2016). Neste sentido, os produtos químicos agem em larga escala de tempo e seus efeitos são ocultos, sendo difícil documentar seus impactos ambientais quando comparados a outros estressores (HYLLAND, 2006), podendo ser uma ameaça maior do que se tem conhecimento no momento.

6. CONCLUSÕES

Os indivíduos de *Chelonia mydas* do litoral Sul de Pernambuco apresentaram concentrações elevadas, quando comparadas a outros locais brasileiros e demais países, de Cu no fígado, refletindo uma exposição recente dos animais a este elemento. As concentrações de Cu e Pb no músculo, podem indicar a possibilidade do habitat local estar mais exposto a esses minerais.

Apesar do seu hábito alimentar preferencialmente herbívoro na fase adulta, *C. mydas* pode apresentar altas concentrações de elementos que podem ser tóxicos. Estudos mostram o potencial das algas em acumular contaminantes, podendo apresentar concentrações maiores que a água do mar, explicando assim, a biomagnificação nas tartarugas verdes. Sendo assim, são necessários mais trabalhos abrangendo diferentes estágios de vida, no intuito de melhor compreender a dinâmica entre a espécie, dieta e contaminantes.

O Pb esteve presente em baixa concentração no músculo, estando abaixo do limite de quantificação no fígado, por isso, acredita-se que a exposição recente deste contaminante pode não ser tão preocupante quanto outros elementos na região. Ainda assim, é de conhecimento que o mesmo causa distúrbios metabólicos ainda em baixas concentrações, assim sendo, revela-se a necessidade de um monitoramento ao longo do tempo, para acompanhar a saúde do habitat e da espécie.

É importante frisar o biomonitoramento em áreas com fontes diversas de elementos tóxicos e pouco caracterizadas, já que as concentrações sofrem influência da saúde do habitat, e em espécies como tartarugas marinhas, para as

quais ainda são praticamente desconhecidos os possíveis impactos da exposição elevada à maioria dos elementos essenciais e não essenciais.

Essas informações são importantes, pois podem ser usadas para monitorar quaisquer alterações na biodisponibilidade de poluentes em potencial no habitat dessas tartarugas marinhas, fornecer dados de linha de base para futuros estudos de monitoramento dessas espécies ameaçadas e para determinar se esses elementos estão presentes nos tecidos em concentrações que possam ter impacto na saúde das *C. mydas*.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Antônio de P. et al. Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, n. 1, 2011. Disponível em: <<https://revistaeletronica.icmbio.gov.br/index.php/BioBR/article/view/87>>. Acesso em: 27 de maio de 2021.
- ANAN, Yasumi et al. Subcellular distribution of trace elements in the liver of sea turtles. **Marine pollution bulletin**, v. 45, n. 1-12, p. 224-229, 2002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X02001066>>. Acesso em: 15 de junho de 2021.
- ANAN, Yasumi et al. Trace element accumulation in hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) and green turtles (*Chelonia mydas*) from Yaeyama Islands, Japan. **Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal**, v. 20, n. 12, p. 2802-2814, 2001. Disponível em: <<https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/etc.5620201220>>. Acesso em: 16 de junho de 2021.
- ANDREANI, Giulia et al. Metal distribution and metallothionein in loggerhead (*Caretta caretta*) and green (*Chelonia mydas*) sea turtles. **Science of the total environment**, v. 390, n. 1, p. 287-294, 2008. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969707009953>>. Acesso em: 28 de maio de 2021.
- AWABDI, Danielle Rodrigues; SICILIANO, Salvatore; DI BENEDITTO, Ana Paula Madeira. Ingestão de resíduos sólidos por tartarugas-verdes juvenis, *Chelonia mydas* (L. 1758), na costa leste do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Biotemas**, v. 26, n. 1, p. 197-200, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2013v26n1p197>>. Acesso em: 28 de maio de 2021.
- BARBIERI, Edison. Concentration of heavy metals in tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) sampled in the Cananéia estuary, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, n. 3, p. 243-248, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjoce/a/h6Xct8kX8cMsq5cmkDsg6SQ/?lang=en>>. Acesso em: 1 de junho de 2021.
- BELLINI, Claudio; SANCHES, T. M. Reproduction and feeding of marine turtles in the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. **Marine Turtle Newsletter**, v. 74, n. 1, p. 12-13, 1996. Disponível em: <http://www.tamar.org.br/publicacoes_html/pdf/1996/1996_Reproduction_and_Feeding_of_Marine_Turtles.pdf>. Acesso em: 27 de maio de 2021.
- BEYERSMANN, Detmar; HARTWIG, Andrea. Carcinogenic metal compounds: recent insight into molecular and cellular mechanisms. **Archives of toxicology**, v. 82, n. 8, p. 493-512, 2008. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00204-008-0313-y>>. Acesso em: 1 de junho de 2021.

BEZERRA, Moisés F. et al. Mercury in the sea turtle *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1958) from Ceará coast, NE Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 1, p. 123-128, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aabc/a/pVwfyTfrsSwBsGYKHwhPdRk/abstract/?lang=en>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

BJORNDAL, Karen A.; LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A. Foraging ecology and nutrition of sea turtles. **The biology of sea turtles**, v. 1, 1997. p. 199-231.

BOUBONARI, Theodora; MALEA, Paraskevi; KEVREKIDIS, Theodoros. The green seaweed *Ulva rigida* as a bioindicator of metals (Zn, Cu, Pb and Cd) in a low-salinity coastal environment. 2008. Disponível em: <<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/BOT.2008.059/html>>. Acesso em: 28 de maio de 2021

BOLTEN, Alan B. Techniques for measuring sea turtles. **Research and management techniques for the conservation of sea turtles**, p. 110-114, 1999.

CAURANT, Florence et al. Bioaccumulation of cadmium, copper and zinc in some tissues of three species of marine turtles stranded along the French Atlantic coasts. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 12, p. 1085-1091, 1999. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X99001095>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

CAVALCANTI, André Dias. Monitoramento da contaminação por elementos traço em ostras comercializadas em Recife, Pernambuco, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, p. 1545-1551, 2003. Disponível em: <<https://www.scielosp.org/article/csp/2003.v19n5/1545-1551/pt/>>. Acesso em: 27 de maio de 2021.

COMMITTEE, Analytical Methods. Recommendations for the definition, estimation and use of the detection limit. **Analyst**, v. 112, n. 2, p. 199-204, 1987.

CORTÉS-GÓMEZ, Adriana A.; ROMERO, Diego; GIRONDOT, Marc. The current situation of inorganic elements in marine turtles: a general review and meta-analysis. **Environmental Pollution**, v. 229, p. 567-585, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117305638>>. Acesso em: 29 de maio de 2021.

D'ILIO, S. et al. The occurrence of chemical elements and POPs in loggerhead turtles (*Caretta caretta*): an overview. **Marine pollution bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1606-1615, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X11002864>>. Acesso em: 20 de maio de 2021

DA SILVA, Cinthia Carneiro et al. Concentrations and distributions of metals in tissues of stranded green sea turtles (*Chelonia mydas*) from the southern Atlantic coast of Brazil. **Science of the total environment**, v. 466, p. 109-118, 2014. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969713007468>>. Acesso em: 16 de junho de 2021.

DA SILVA, Cinthia Carneiro et al. Metal contamination as a possible etiology of fibropapillomatosis in juvenile female green sea turtles *Chelonia mydas* from the southern Atlantic Ocean. **Aquatic Toxicology**, v. 170, p. 42-51, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166445X15300904>>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

DEBACKER, Virginie et al. Heavy metals contamination and body condition of wintering guillemots (*Uria aalge*) at the Belgian coast from 1993 to 1998. **Environmental Research**, v. 84, n. 3, p. 310-317, 2000. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935100940878>>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

DEFOREST, David K.; BRIX, Kevin V.; ADAMS, William J. Assessing metal bioaccumulation in aquatic environments: the inverse relationship between bioaccumulation factors, trophic transfer factors and exposure concentration. **Aquatic toxicology**, v. 84, n. 2, p. 236-246, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166445X07002287>>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

ECKERT, K. L. et al. Taxonomy, external morphology, and species identification. **Research and management techniques for the conservation of sea turtles**, v. 21, p. 11-13, 1999. Disponível em: <https://widescast.org/Resources/Docs/Pritchard_and_Mortimer_1999_Sea_Turtle_Taxonomy.pdf>. Acesso em: 28 de maio de 2021.

FINLAYSON, Kimberly A.; LEUSCH, Frederic DL; VAN DE MERWE, Jason P. The current state and future directions of marine turtle toxicology research. **Environment international**, v. 94, p. 113-123, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412016301866>>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

FRANSON, J. Ch. **Interpretation of tissue lead residues in birds other than waterfowl**. 1996.

FRANZELLITTI, Silvia et al. Heavy metals in tissues of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from the northwestern Adriatic Sea. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 138, n. 2, p. 187-194, 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1532045604001346>>. Acesso em: 23 de maio de 2021.

GARDNER, Susan C. et al. Heavy metal accumulation in four species of sea turtles from the Baja California peninsula, Mexico. **Biometals**, v. 19, n. 1, p. 91-99, 2006. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10534-005-8660-0>>. Acesso em: 24 de maio de 2021.

GARRETT, Robert G. Natural sources of metals to the environment. **Human and Ecological Risk Assessment**, v. 6, n. 6, p. 945-963, 2000. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10807030091124383>>. Acesso em: 24 de maio de 2021.

GODLEY, Brendan J.; THOMPSON, David R.; FURNESS, Robert W. Do heavy metal concentrations pose a threat to marine turtles from the Mediterranean Sea?. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 6, p. 497-502, 1999. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X98001842>>. Acesso em: 22 de maio de 2021.

GRILLITSCH, Britta; SCHIESARI, Luis. 12 The Ecotoxicology of Metals in Reptiles. In: **Ecotoxicology of amphibians and reptiles**. CRC Press New York, 2010. p. 337-448.

GROSSMAN, A. MENDONÇA, P. COSTA; M. R. BELLINI, C. Morphometrics of the green turtle at the Atol das Rocas Marine Biological Reserve, Brazil. **Marine Turtle Newsletter**, v. 118, p. 12-13, 2007. Disponível em: <<http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn118/mtn118p12.shtml>>. Acesso em: 20 de junho de 2021.

HYLLAND, Ketil. Biological effects in the management of chemicals in the marine environment. **Marine pollution bulletin**, v. 53, n. 10-12, p. 614-619, 2006. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X06002980>>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

IKONOMOPOULOU, Maria Petrou et al. The effect of organochlorines and heavy metals on sex steroid-binding proteins in vitro in the plasma of nesting green turtles, *Chelonia mydas*. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 179, n. 5, p. 653-662, 2009. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00360-009-0347-3>>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

JAKIMSKA, A. et al. **Bioaccumulation of metals in tissues of marine animals. Part I: The role and impact of heavy metals on organisms**. Polish Journal of Environmental Studies, v. 20, n. 5, p. 1117-1125. Disponível em: <<http://www.pjoes.com/Bioaccumulation-of-Metals-in-Tissues-r-nof-Marine-Animals-Part-I-the-Role-and-Impact,88659,0,2.html>>. Acesso em 19 de maio de 2021.

KAREZ, C. S. et al. Trace metal accumulation by algae in Sepetiba Bay, Brazil. **Environmental pollution**, v. 83, n. 3, p. 351-356, 1994. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0269749194901570>>. Acesso em: 28 de maio de 2021.

KASKA, Yakup et al. Heavy metal monitoring in stranded sea turtles along the Mediterranean coast of Turkey. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 13, n. 8, p. 769-776, 2004. Disponível em:

<<http://acikerisim.pau.edu.tr/xmlui/handle/11499/18490>>. Acesso em: 30 de maio de 2021.

KOMOROSKE, Lisa M. et al. Pollutants and the health of green sea turtles resident to an urbanized estuary in San Diego, CA. **Chemosphere**, v. 84, n. 5, p. 544-552, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653511004140>>. Acesso em: 26 de maio de 2021.

LAM, James CW et al. Trace element residues in tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) from South China Waters. **Marine pollution bulletin**, v. 48, n. 1-2, p. 174-182, 2004. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14725889>>. Acesso em: 16 de junho de 2021.

LEY-QUIÑÓNEZ, C. et al. Baseline heavy metals and metalloid values in blood of loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from Baja California Sur, Mexico. **Marine pollution bulletin**, v. 62, n. 9, p. 1979-1983, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X11003535>>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

LEY-QUIÑÓNEZ, C. P. et al. Selected heavy metals and selenium in the blood of black sea turtle (*Chelonia mydas agasiizzi*) from Sonora, Mexico. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 91, n. 6, p. 645-651, 2013. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00128-013-1114-4>>. Acesso em: 22 de maio de 2021.

LUTZ, Peter L.; MUSICK, John A.; **The biology of sea turtles**. CRC press, 1996. 448 p.

MACÊDO, Gustavo R. et al. Trace elements distribution in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) and green turtle (*Chelonia mydas*) tissues on the northern coast of Bahia, Brazil. **Marine pollution bulletin**, v. 94, n. 1-2, p. 284-289, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X1500123X>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

MA, W. Lead in mammals. In: **Environmental contaminants in wildlife**. 1996. p. 281-297.

MAFFUCCI, Fulvio et al. Trace element (Cd, Cu, Hg, Se, Zn) accumulation and tissue distribution in loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from the Western Mediterranean Sea (southern Italy). **Chemosphere**, v. 58, n. 5, p. 535-542, 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653504008124>>. Acesso em: 24 de maio de 2021.

MALEA, Paraskevi; HARITONIDIS, S.; STRATIS, I. Bioaccumulation of metals by Rhodophyta species at Antikyra Gulf (Greece) near an aluminium factory. 1994. Disponível em:

<<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/botm.1994.37.6.505/html>>.
Acesso em: 28 de maio de 2021

MARCHI, G. et al. **Elemento traço e sua relação com a qualidade e inocuidade de fertilizantes, corretivos agrícolas e resíduos orgânicos no Brasil**. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados. Documento 252, 45 p, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Giuliano-Marchi/publication/262673575_Elementos-traco_e_sua_Relacao_com_Qualidade_e_Inocuidade_de_Fertilizantes_Corretivos_Agricolas_e_Residuos_Organicos_no_Brasil/links/0a85e5385f5549e654000000/Elementos-traco-e-sua-Relacao-com-Qualidade-e-Inocuidade-de-Fertilizantes-Corretivos-Agricolas-e-Residuos-Organicos-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 19 de maio de 2021.

MONTEIRO, Danielle S. et al. Long-term spatial and temporal patterns of sea turtle strandings in southern Brazil. **Marine Biology**, v. 163, n. 12, p. 1-19, 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-016-3018-4>>. Acesso em: 27 de maio de 2021.

ORTIZ-SANTALIESTRA, Manuel E. et al. Tools for non-invasive sampling of metal accumulation and its effects in Mediterranean pond turtle populations inhabiting mining areas. **Chemosphere**, v. 231, p. 194-206, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519309828>. Acesso em: 17 de junho de 2021.

RODRIGUES, M. S. et al. Contribuição De Acesso Aberto Ao Estudo Da Dieta Da Tartaruga Verde (*Chelonia Mydas*) No Atlântico Sul, Nordeste Do Brasil. **International Journal of Development Research**, 2019. v. 09, n. 09, p. 29891–29897. Disponível em: <<http://journalijdr.com/contribution-study-green-turtle-chelonia-mydas-diet-south-atlantic-northeast-brazil>>. Acesso em: 28 de maio de 2021.

RODRIGUES, M. S. et al. **Ecologia Trófica, Isotópica E Determinação Da Composição Mineral De Elementos Essenciais E Tóxicos Em Tecidos De *Chelonia Mydas* (Linnaeus, 1758) No Litoral Do Nordeste Do Brasil**. 2020. 110 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal Tropical) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ROESIJADI, G. Metallothionein and its role in toxic metal regulation. **Comparative biochemistry and physiology part c: Pharmacology, toxicology and endocrinology**, v. 113, n. 2, p. 117-123, 1996. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0742841395020772>>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

SAEKI, Kazutoshi et al. Arsenic accumulation in three species of sea turtles. **Biometals**, v. 13, n. 3, p. 241-250, 2000. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1009266520680>>. Acesso em: 24 de maio de 2021.

SAKAI, H. et al. Growth-related changes in heavy metal accumulation in green turtle (*Chelonia mydas*) from Yaeyama Islands, Okinawa, Japan. **Archives of environmental contamination and toxicology**, v. 39, n. 3, p. 378-385, 2000. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s002440010118>>. Acesso em: 22 de maio de 2021.

SAKAI, Haruya et al. Heavy metal monitoring in sea turtles using eggs. **Marine Pollution Bulletin**, v. 30, n. 5, p. 347-353, 1995. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0025326X9400185C>>. Acesso em: 31 de maio de 2021.

SANTOS, Robson Guimarães et al. Debris ingestion by juvenile marine turtles: an underestimated problem. **Marine pollution bulletin**, v. 93, n. 1-2, p. 37-43, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X15001125>>. Acesso em: 26 de maio de 2021.

SEMINOFF, J. A. *Chelonia mydas*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: Supplementary material. 2004. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/species/4615/11037468>>. Acesso em: 27 de maio de 2021.

STORELLI, M. M. et al. Trace elements in loggerhead turtles (*Caretta caretta*) from the eastern Mediterranean Sea: overview and evaluation. **Environmental pollution**, v. 135, n. 1, p. 163-170, 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026974910400377X>>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

TALAVERA-SAENZ, Ana et al. Metal profiles used as environmental markers of green turtle (*Chelonia mydas*) foraging resources. **Science of the Total Environment**, v. 373, n. 1, p. 94-102, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969706008096>>. Acesso em: 31 de maio de 2021

VAN DE MERWE, Jason P. et al. Using blood samples to estimate persistent organic pollutants and metals in green sea turtles (*Chelonia mydas*). **Marine pollution bulletin**, v. 60, n. 4, p. 579-588, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X09004676>>. Acesso em: 26 de maio de 2021.

WYNEKEN, Jeanette et al. Determining sex in posthatchling loggerhead sea turtles using multiple gonadal and accessory duct characteristics. **Herpetologica**, v. 63, n. 1, p. 19-30, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/236030366_Determining_sex_in_posthatchling_loggerhead_sea_turtles_using_multiple_gonadal_and_accessory_duct_characteristics>. Acesso em: 9 de junho de 2021.