



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
FACULDADE DE FARMÁCIA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

**NÍVEIS DE CHUMBO E CÁDMIO EM ARATU (*G. CRUENTATA*) *IN NATURA* E  
PROCESSADO E SUA AVALIAÇÃO DE RISCO EM MARAGOGIPINHO,  
ARATUÍPE, BAHIA**

RENATA GUERREIRO COSTA

SALVADOR- BA2017

RENATA GUERREIRO COSTA

**NÍVEIS DE CHUMBO E CÁDMIO EM ARATU (*G. CRUENTATA*) *IN NATURA* E  
PROCESSADO E SUA AVALIAÇÃO DE RISCO EM MARAGOGIPINHO,  
ARATUÍPE, BAHIA**

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Menezes Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, para obtenção do título de Mestre.

SALVADOR- BA

2017

## Sistema de Biblioteca- UFBA

Costa, Renata Guerreiro  
Níveis de chumbo e cádmio em aratu (*G. Cruentata*) in natura e processado e sua avaliação de risco em Maragogipinho, Aratuípe, Bahia / Renata Guerreiro Costa. -- Salvador, 2017.  
96 f.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Menezes Filho.  
Dissertação (Mestrado - Ciência de alimentos- Faculdade de Farmácia) -- Universidade Federal da Bahia, UFBA, 2017.

1. Contaminação em crustáceos. 2. Efeitos do chumbo. 3. Avaliação de risco à saúde. I. Menezes Filho, Prof. Dr. José Antônio. II. Título.

## TERMO DE APROVAÇÃO


RENATA GUERREIRO COSTA

NÍVEIS DE CHUMBO E CÁDMIO EM ARATU (G. CRUENTATA) IN  
NATURA E PROCESSADO E SUA AVALIAÇÃO DE RISCO EM  
MARAGOGIPINHO, ARATUÍPE, BAHIA

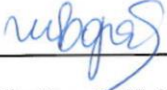
Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (nível Mestrado Acadêmico) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciência de Alimentos.

Aprovada em 21 de julho de 2017.

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antônio Menezes Filho  
Universidade Federal da Bahia  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Karina Santos Garcia  
Universidade Federal da Bahia

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Mariângela Vieira Lopes  
Universidade do Estado da Bahia

*Dedico este trabalho ao meu querido esposo Luisinho, que sempre me incentivou e me ajudou a superar todos os desafios. Obrigada amor, pelo seu exemplo, pela compreensão, otimismo e por me fazer muito feliz.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu filho Lucas, pela compreensão e amor, que apesar da idade (três anos) entendia quando a mamãe precisava estudar. Além de ser minha fonte de inspiração, que revigorava as minhas energias diariamente com um simples sorriso.

A minha mãe Lucília, pessoa fundamental para a concretização dessa conquista. Ela que com muita dedicação e prazer cuidou do meu filho para que eu pudesse estudar.

Ao meu pai Temilson, que sempre acreditou na importância da educação e conhecimento, que sempre me mostrou que só dependia de mim para alcançar os meus objetivos.

Ao meu orientador Antônio, pela confiança, paciência, pelos preciosos ensinamentos e por me mostrar que posso ser sempre melhor.

Aos professores membros da banca de qualificação e de defesa, Mariângela Lopes e Karina Garcia, pelas contribuições e observações dadas ao trabalho.

Aos colegas do Labtox que me ajudaram em todas as fases da pesquisa, desde a coleta até a interpretação dos resultados. Agradeço muito pelo acolhimento e pelos sorrisos de sempre.

Aos colegas do mestrado, pelos momentos de alegrias e angústias divididos juntos, especialmente a Susana e Renata.

A toda comunidade de Maragogipinho que contribuiriam para realização desse trabalho, em especial a Débora que sempre atendeu as minhas solicitações com muita gentileza.

“A menos que modifiquemos nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”

Albert Einstein

## RESUMO

A Vila de Maragogipinho tem como característica principal a produção de cerâmica artesanal do Recôncavo Baiano. No processo de fabricação de alguns utensílios, principalmente aqueles utilizados para cozinhar e servir os alimentos, as peças são vitrificadas com óxido de chumbo para sua impermeabilização. Os resíduos da fabricação das cerâmicas são descartados no meio ambiente, contaminando a biota deste estuário. O cádmio (Cd) pode ocorrer por diversas atividades antropogênicas, como a deposição de lixo urbano no manguezal e associado aos minérios de metais como o chumbo (Pb), zinco e cobre. O aratu vermelho *Goniopsis cruentata* é um crustáceo bastante encontrado no estuário do Rio Jaguaripe e fonte proteica para população. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar os níveis de Pb e Cd em aratu vermelho *in natura* e processado e realizar uma avaliação de risco do consumo desse crustáceo pelos habitantes de Maragogipinho. Foram coletados aratus vivos em três períodos e em três pontos ao longo do Rio Jaguaripe. Em cada trimestre foi adquirido 1 kg de aratu catado e no restaurante local obtida uma moqueca de aratu. As amostras foram mineralizadas em forno de micro-ondas e analisadas por espectrometria de absorção atômica no forno de grafite (EAAFG). Com base no consumo de aratu obtido com uma amostra da população da vila, usando o questionário de frequência alimentar, foram calculadas estimativas dos quocientes de riscos não carcinogênicos (QR) para o Pb. As médias das concentrações de Pb no aratu *in natura* dos três períodos de coleta foram: 0,17 ( $\pm 0,359$ );  $< 0,012$  e 0,05 ( $\pm 0,086$ ) mg kg<sup>-1</sup>(peso úmido) nas brânquias, músculo e hepatopâncreas, respectivamente. No aratu processado, as concentrações médias em abril foram: 0,05 ( $\pm 0,008$ ) e 2,84 ( $\pm 0,220$ ) mg kg<sup>-1</sup> no aratu catado e na moqueca, respectivamente; em julho, os valores foram abaixo do Limite de Detecção ( $< 0,012$ ) no catado e 0,23 ( $\pm 0,011$ ) mg kg<sup>-1</sup> na moqueca; e em outubro os níveis foram abaixo do LD em ambas as preparações. Todos os resultados do Cd no aratu *in natura* e processado estavam abaixo do LD ( $< 0,021$ ). Os teores de Pb na parte comestível do aratu *in natura* (músculo) e no crustáceo catado estavam dentro das normas nacionais e internacionais, no entanto na moqueca coletada em abril a concentração média de Pb ultrapassou cerca de seis vezes o limite máximo permitido. O QR médio para o consumo do aratu processado (moqueca) foi inferior à unidade, classificado como risco negligenciável. O aratu vermelho do estuário do Rio Jaguaripe pode ser considerado um alimento seguro, contudo deve ser evitado o seu cozimento em utensílios vitrificadas com óxido de chumbo.

**Palavras-chave:** Chumbo, Cádmio, *Goniopsis cruentata*, cerâmica vitrificada, avaliação de risco, contaminação ambiental.



## ABSTRACT

The main characteristic of Maragogipinho is the production of handicraft ceramics from the Bahia. In the process of manufacturing some utensils, especially those used for cooking and serving food, the pieces are glazed with lead oxide for their waterproofing. Residues from the manufacture of ceramics are discarded in the environment, contaminating the biota of this estuary. The cadmium (Cd) can occur due to anthropogenic activities, such as deposition of urban waste in the mangrove and associated with lead and zinc. The mangrove root crab *Goniopsis cruentata*, crustacean is widely found in the region and is a protein source for the population. Thus, the objectives of this study were to evaluate the contamination by Pb and Cd in the mangrove root crab *in natura* and processed and to evaluate the risk of exposure to Pb in the adult and children population of the Vila de Maragogipinho due to the consumption of this crustacean. The live mangrove root crabs were collected in three periods and at three points along the Jaguaripe River. In each quarter were purchased 1 kg the boiled/sorted muscle and at the local restaurant obtained a traditional stew. The samples were mineralized in microwave oven and analyzed by atomic absorption spectrometry in the graphite furnace. Based on consumption obtained with a sample of the population through a food frequency questionnaire were estimated estimates of non-carcinogenic risk (QR) quotients. The mean concentrations of Pb in the mangrove root crab of the three collection periods were: 0.17 ( $\pm$  0.359);  $<0.012$  and 0.05 ( $\pm$  0.086) mg kg<sup>-1</sup> (wet weight), in the gills, muscle and hepatopancreas respectively. In the processed mangrove root crab, the average concentrations in April were: 0.05 ( $\pm$  0.008) and 2.84 ( $\pm$  0.220) mg kg<sup>-1</sup> in the boiled/sorted muscle and the traditional stew, respectively; In July, the values were below the Detection Limit (LD) in the sample and 0.23 ( $\pm$  0.011) mg kg<sup>-1</sup> in the traditional stew; and in October the levels were below the LD in both preparations. The Pb contents in the edible part of the mangrove root crab (muscle) and the crustacean boiled/sorted were within the national and international standards; however in the traditional stew collected in April the average Pb concentration exceeded about six times the maximum limit allowed. The average QR for the consumption of traditional stew was lower than the unit, classified as negligible risk. No Cd was detected in the samples. The mangrove root crab of the estuary of the Jaguaripe River can be considered a safe food; however its cooking in vitrified utensils should be avoided.

**Keywords:** Lead, Cadmium, *Goniopsis cruentata*, glazed pottery, risk assessment, environmental contamination.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

Figura 1. Mapa esquemático da localização da área de estudo.

Figura 2. Processo produtivo das cerâmicas de Maragogipinho.

Figura 3. Cerâmica vitrificada com óxido de chumbo.

Figura 4. Fundição de chumbo metálico para obtenção do óxido de chumbo.

Figura 5. Resíduos de cerâmicas descartadas no manguezal de Maragogipinho.

Figura 6. Foto da espécie aratu vermelho (*Goniopsis cruentata*).

Figura 7. Pacote de 1 kg de aratu *G. Cruentata* catado.

Figura 8. Moqueca de aratu servida tradicionalmente na panela de barro.

Figura 9. Etapas da avaliação de risco.

### Capítulo 2

Figura 1. Mapa esquemático da localização da área de estudo.

Figura 2. Localização dos pontos de coleta do aratu *in natura*.

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

Tabela 1. Limites de migração de metais de cerâmicas para alimentos.

### Capítulo 2

Tabela 1. Características de garantia de qualidade do método analítico.

Tabela 2. Médias e intervalo de concentrações de Pb ( $\text{mg kg}^{-1}$  de peso úmido) nos tecidos do aratu em cada período de coleta.

Tabela 3. Médias e intervalo de concentrações de Pb ( $\text{mg kg}^{-1}$  de peso úmido) dos três períodos de coleta por tecido do crustáceo estudado.

Tabela 4. Níveis de Pb ( $\text{mg kg}^{-1}$  de peso úmido) no músculo do aratu *in natura* e processado.

Tabela 5. Estatística (Média, mínima e máxima) das variáveis de estimação das doses de exposição ao Pb por consumo de aratu em moqueca.

Tabela 6. Quociente de risco não carcinogênico para o consumo de aratu em moqueca (Média e amplitude).

## LISTA DE SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ATSDR – Agency of Toxic Substance and Disease Registry BA

CV– Coeficiente de Variação

DP– Desvio Padrão

EAA – Espectrometria de Absorção Atômica

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

IDA– Ingestão Diária Aceitável

IAL– Instituto Adolfo Lutz

JECFA– Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives

LD– Limite de Detecção

LQ– Limite de Quantificação

MRC– Material de referência certificado

OMS– Organização Mundial de Saúde

QFA– Questionário de Frequência Alimentar

QR– Quociente de Risco

RfD – Dose de Referência

USEPA – United States Environmental Protection Agency

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

WHO – World Health Organization

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	15
1. INTRODUÇÃO .....	15
2. OBJETIVOS .....	18
2.1 OBJETIVO GERAL .....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
3. CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	19
3.1 VITRIFICAÇÃO DE CERÂMICAS COM CHUMBO EM MARAGOGIPINHO ...	19
3.2 TOXICOLOGIA DO CHUMBO .....	23
3.3 TOXICOLOGIA DO CÁDMIO .....	24
3.4 IMPORTÂNCIA DO MANGUEZAL.....	25
3.5 CONTAMINAÇÃO POR METAIS EM CRUSTÁCEOS.....	26
3.6 PREPARO E COZIMENTO DE CRUSTÁCEOS E CONTAMINAÇÃO POR METAIS.....	28
3.7 ARATU VERMELHO GONIOPSIS CRUENTATA .....	30
3.9 AVALIAÇÃO DE RISCO.....	34
3.9.1 Identificação do perigo .....	36
3.9.2 Caracterização do perigo .....	36
3.9.3 Avaliação da exposição na dieta.....	37
3.9.4 Caracterização do risco .....	37
4. REFERÊNCIAS .....	39
CAPÍTULO 2- CONSUMO DE ARATU VERMELHO (GONIOPSIS CRUENTATA) E RISCO DE EXPOSIÇÃO AO CHUMBO EM MORADORES DE UM ESTUÁRIO NA BAHIA, BRASIL.....	48
1. INTRODUÇÃO .....	49
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	52
2.2 Área de estudo.....	52

2.2	Material de estudo .....	54
2.3	Equipamentos e reagentes .....	55
2.4	Procedimento analítico.....	55
2.5	Avaliação de risco .....	56
2.6	Controle de Qualidade .....	58
2.7	Análise estatística .....	58
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
3.2	Controle de Qualidade .....	58
3.3	Teores de Pb em aratu vermelho in natura.....	59
3.4	Teores de Pb no aratu processado (catado e moqueca) .....	62
3.5	Qualidade para o consumo .....	64
3.6	Avaliação de risco do consumo de aratu processado (moqueca).....	65
4	CONCLUSÕES .....	67
5	REFERÊNCIAS .....	68
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
	APÊNDICE 1- ARTIGO PUBLICADO .....	74
	APÊNDICE 2- CONCENTRAÇÕES CHUMBO E CÁDMIO NAS AMOSTRAS .....	80
	APÊNDICE 3- PARÂMETROS PARA CÁLCULO DO QUOCIENTE DE RISCO .....	85
	ANEXO A- QUESTIONÁRIO DE FREQUÊNCIA ALIMENTAR .....	86
	ANEXO B- EXAME ANTROPOMÉTRICO .....	92
	ANEXO C- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	93
	ANEXO D- PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA .....	96

## APRESENTAÇÃO

Este estudo organiza-se em dois capítulos. Inicialmente figuram a introdução e os objetivos da pesquisa. O primeiro capítulo é destinado à fundamentação teórica, com abordagem de temas relacionados à vitrificação de cerâmicas com chumbo em Maragogipinho, contaminação de crustáceos por metais pesados e avaliação de risco à saúde proveniente do consumo de alimentos contaminados. O segundo capítulo, em forma de artigo, apresenta os resultados dos níveis de chumbo em aratu vermelho *Goniopsis cruentata* por espectrometria de absorção atômica, bem como a avaliação do risco do consumo deste crustáceo pelo público infantil e adulto feminino desta região.

No apêndice 1 apresentamos o artigo “Lead and cadmium in mangrove root crab (*Goniopsis cruentata*), in natura and at food processing stages” publicado na revista científica *Food Additives & Contaminants: Parte B*, no qual apresentamos os dados de Pb e Cd nas amostras coletadas na primeira campanha de coleta.

## 1. INTRODUÇÃO

Quase todos os elementos químicos estão envolvidos em ciclos fechados na natureza, em concentrações que não causam efeitos prejudiciais aos organismos, movendo-se entre os vários compartimentos ambientais em velocidades e extensões variadas (MARKERT, 1998). No entanto, um dos aspectos mais críticos da introdução de substâncias químicas nesses compartimentos é a sua bioacumulação na cadeia alimentar existentes nos ambientes aquáticos e terrestres, principalmente por metais pesados (VIRGA; GERALDO; SANTOS, 2007).

A principal fonte de exposição a contaminantes inorgânicos para humanos do ambiente ocorre através do consumo de alimentos contaminados contendo elementos tóxicos como o chumbo (Pb) e o cádmio (Cd) (MORGANO et al., 2011). Esses elementos não participam das reações bioquímicas necessárias à manutenção da vida, ou seja, são desprovidos de funções biológicas, sendo classificados, portanto, como xenobióticos (SANTOS, 2009). Uma vez assimilados pelo organismo, através de contaminação exógena, são transportados para vários sítios e interagem com as células gerando diversos efeitos toxicológicos (SANTOS, 2009).

A exposição ao Pb afeta todos os sistemas corporais e os mecanismos de toxicidade propostos envolvem processos bioquímicos fundamentais. Pode-se incluir a capacidade de inibir ou imitar a ação do cálcio e interagir com as proteínas (MOREIRA; MOREIRA, 2004). As crianças são mais vulneráveis a contaminação por Pb, as quais mesmo em níveis abaixo de 5 µg/dL, afeta seu desenvolvimento e função cognitiva (LUO et al., 2012). Assim como o Pb, o Cd é um importante agente tóxico associado à poluição ambiental, ocorrendo em minérios de metais como o Pb e zinco (NOGUEIRA, 2012). A exposição pode afetar principalmente os rins, resultando na perda de capacidade de reabsorção de todos os tipos de nutrientes, como proteínas de baixo peso molecular, glicose, vitaminas e minerais, além de ser classificado como carcinogênico para o ser humano (SATARUG et al., 2009, IARC, 1993). Ambos os metais têm alto poder de bioacumular em sistemas biológicos, dado as afinidades por sítios de proteínas estruturais dos organismos vivos (YOKEL, 2006).



A vila de Maragogipinho, situada às margens do Rio Jaguaripe no município de Aratuípe, Bahia, tem como característica principal a produção de cerâmica artesanal do Recôncavo Baiano. No processo de fabricação de alguns utensílios utilitários, principalmente aqueles usados para cozinhar, armazenar e servir os alimentos, as peças são vitrificadas com óxido de chumbo. Esse é obtido rudimentarmente fundindo e queimando a céu aberto o chumbo metálico de baterias de veículo automotores, com a finalidade de impermeabilizar essas peças e ainda conferir brilho e resistência (ALLEGRETTI, 2004). As olarias que produzem as cerâmicas artesanais são quase sempre rudimentares e estão situadas às margens do rio Jaguaripe, muito próximas às residências e do manguezal. No processo de fabricação, que envolve a preparação do óxido de Pb e a vitrificação da cerâmica, os resíduos são liberados e descartados no meio ambiente, contaminando a biota do estuário do rio Jaguaripe (COSTA et al., 2017). O Cd pode ocorrer por diversas atividades antropogênicas, como a deposição de lixo urbano no manguezal e associado ao minério do Pb, zinco e cobre (DIAS et al., 2011).

Os manguezais são ambientes estuarinos especiais que desempenham funções naturais de grande importância ecológica, destacando-se o desenvolvimento e reprodução de diversas espécies, como peixes, moluscos e crustáceos (ALVES, 2001). O aratu vermelho *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) (Crustacea, Brachyura, Grapsidae) é um dos principais crustáceos encontrados no manguezal do rio Jaguaripe. Possui ampla distribuição e ocorrência ao longo do ano, sendo bastante explorado como fonte de alimentação e renda para a população local. A sua comercialização é realizado através da venda do tecido muscular fervido e embalado em sacos de um quilo, chamado de catado, para restaurantes, feiras, população local e em rodovias. Para o consumo, este catado é preparado normalmente na forma de moqueca, tradicionalmente cozida e/ou servida em panelas de barro.

Os crustáceos são importantes fontes de vitaminas, minerais e proteínas de elevado valor biológico, mas também podem ser fonte de contaminação por metais tóxicos (LIRA et al., 2007; BATVARI et al., 2016). Além disso, o seu preparo pode aportar metais para o organismo humano (CHAGAS, 2015; WIECH et al., 2017). Nesse contexto, os objetivos desse estudo foram: 1) avaliar a contaminação por Pb e Cd no aratu vermelho *Goniopsis cruentata in natura* e processado; 2) avaliar o

risco de exposição ao Pb na população adulta e infantil residentes da Vila de Maragogipinho decorrente do consumo deste crustáceo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a contaminação por Pb e Cd no aratu vermelho (*Goniopsis cruentata*) *in natura* e processado coletados na Vila de Maragogipinho, Aratuípe, Bahia.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

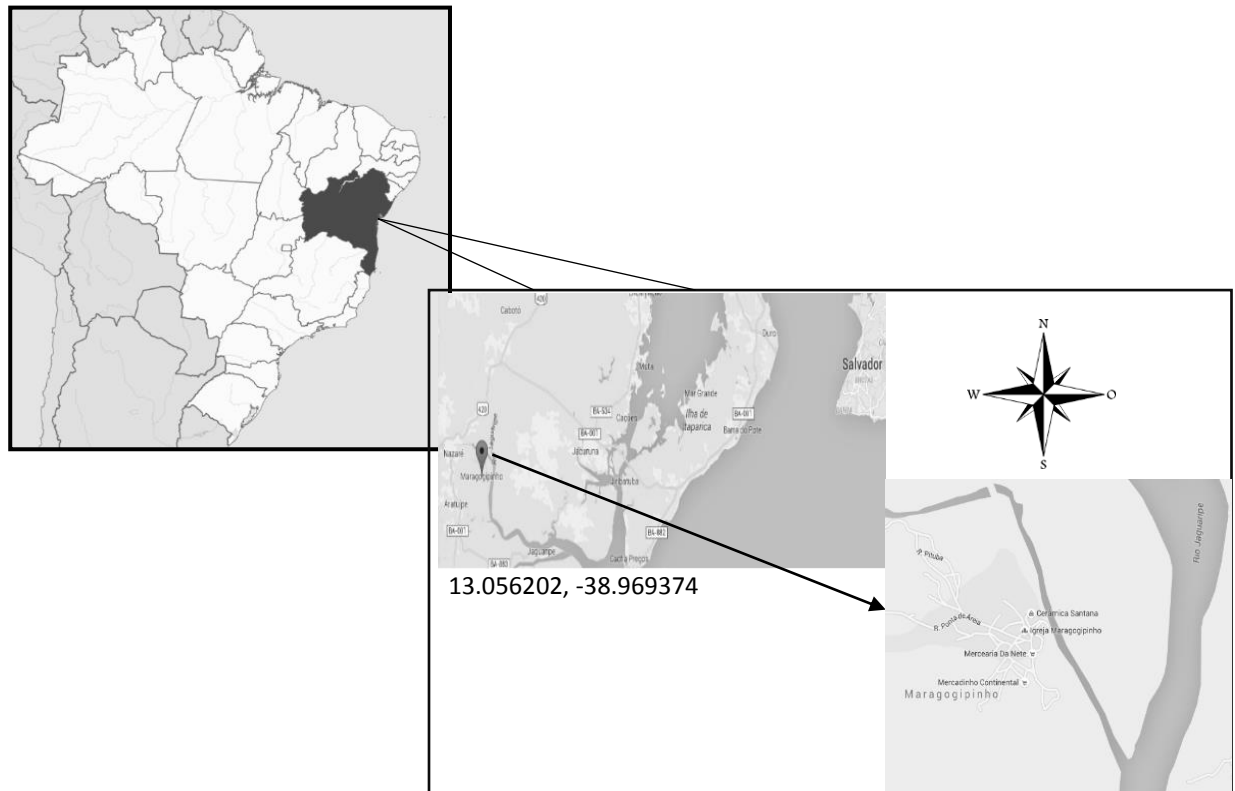
- a) Avaliar se há variação sazonal nos níveis de Pb e Cd no aratu *in natura* e processado;
- b) Comparar os níveis dos metais na porção comestível do aratu *in natura*, aratu catado e moqueca, com os limites máximos permitidos pela Legislação;
- c) Estimar o risco à saúde da população de Maragogipinho em relação ao Pb através do consumo de aratu oriundos desta região.

### 3. CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 VITRIFICAÇÃO DE CERÂMICAS COM CHUMBO EM MARAGOGIPINHO

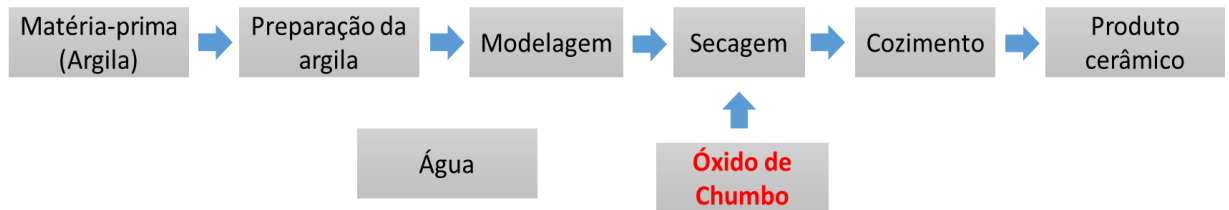
Maragogipinho é um distrito que pertence ao município de Aratuípe, recôncavo baiano, próximo a Nazaré das Farinhas (Figura 1). É uma tradicional comunidade, na qual a maior parte da população está envolvida com a produção de cerâmicas artesanais. Em 2004 ganhou Menção Honrosa como 'maior centro cerâmico da América Latina', ao disputar o prêmio UNESCO de Artesanato para América Latina, no Caribe (SIPROAR, 2008). Segundo Informações da Associação de Oleiros de Maragogipinho, existem cerca de 200 olarias (local destinado à produção de cerâmicas que utilizam argila como matéria-prima), onde os seus limites territoriais é o manguezal às margens do Rio Jaguaripe.

**Figura 1.** Mapa esquemático da localização da área de estudo.



FONTE: Adaptado do Google Maps (2017)

A cerâmica de Maragogipinho, de influência marcadamente portuguesa, indígena e africana, tem finalidade utilitária, decorativa, lúdica e religiosa. O seu processo produtivo consiste em várias etapas (Figura 2).



**Figura 2.** Processo produtivo das cerâmicas de Maragogipinho

FONTE: Adaptado de NETO (2008)

A primeira etapa do processo produtivo da cerâmica consiste na preparação da argila a fim de retirar as impurezas como raízes e pedras através do pisoteamento. A segunda etapa é a modelagem, no qual a argila é colocada no torno manual para modelagem das peças. O passo seguinte é a secagem, nos quais as peças são levadas a um ambiente escuro, seco e ventilado para que sequem lentamente sem efeitos dos raios solares. Após a secagem, ocorre a quarta etapa que é o cozimento, nos quais as peças vão para fornos rudimentares de tijolos alimentados pela lenha, a uma temperatura de aproximadamente 300°C.

Alguns utensílios utilitários, como panelas, bandejas, recipientes utilizados para servir, armazenar e cozinhar os alimentos retornam ao forno após a primeira queima, com uma substância em seu interior, trata-se de uma mistura de óxido de chumbo, argila e água (lamugem). Após a aplicação do lamugem, os utensílios, são enformados novamente a uma temperatura mais elevada, de 800 a 1000°C (segunda queima), onde ocorre o processo de vitrificação. O resultado é uma superfície esmaltada e impermeável a água (Figura 3). De acordo com Allegretti (2004), além da função de impermeabilização, o emprego do chumbo justifica-se pelas suas características estéticas como realce de cores e brilho. Segundo Carbonell (2015), a prática tem mais de 200 anos e a maioria dos artesãos sabe dos riscos.

A fim de evidenciar a exposição do Pb em Maragogipinho, SANTOS (2016) realizou um estudo com oleiros, mulheres e crianças presentes nas olarias, com procedimentos de coleta de sangue e de cabelo e observou que 83% dos voluntários os níveis de chumbo no sangue estavam acima do valor de referência para população sem fonte de exposição conhecida ao chumbo ( $<10 \mu\text{g/dL}$ ). Alguns artesãos tiveram plumbemia acima do IBMP do Ministério do Trabalho ( $60 \mu\text{g/dL}$ ).

O processo de vitrificação se dá informalmente dentro das olarias fundindo e queimando a céu aberto o chumbo metálico oriundo de baterias de veículos automotores até obtenção do óxido de chumbo (Figura 4).

**Figura 3.** Cerâmica vitrificada com óxido de chumbo



FONTE: A autora (2016)

**Figura 4.** Fundição de chumbo metálico para obtenção do óxido de chumbo.



FONTE: SANTOS (2016)

No processo de fabricação, que envolve a preparação do óxido de Pb e a vitrificação da cerâmica, os resíduos são descartados no meio ambiente contaminando a biota do manguezal (COSTA et al., 2017). Segundo Lima et al. (2002), o Pb decorrente deste processo, podem ser liberados para o meio ambiente em diferentes formas, dentre elas destacam-se as emissões de partículas e compostos gasosos para atmosfera, como efluentes líquidos arrastados para os cursos d'água, por precipitação pluviométrica e via resíduos descartados (LIMA et al., 2002, COSTA et al., 2017).

No México, há anos têm sido relatado contaminação ambiental e humana decorrente do uso do Pb na vitrificação de cerâmicas artesanais (RUÍZ- SANDOVAL, 1878; ROMIEU et al., 1994). Em Pernambuco, Lima et al. (2002) mediram a concentração de Pb em peças vitrificadas antes e após do processo de vitrificação e constataram valores de 211 a 13.660 mg/L de chumbo sendo liberado nesse processo. Com essa avaliação, esses autores estimaram um lançamento de 166 kg de Pb por ano no meio ambiente, constatando que o processo de vitrificação representa uma agressão ao meio ambiente. A Figura 5 mostra os resíduos de cerâmicas descartadas no manguezal do rio Jaguaripe em Maragogipinho.

**Figura 5.** Resíduos de cerâmicas descartadas no manguezal de Maragogipinho



FONTE: A autora (2016)

### 3.2 TOXICOLOGIA DO CHUMBO

O Pb é ubíquo no meio ambiente e um dos primeiros metais a ser utilizado pelo homem. Propriedades únicas, como alta maleabilidade, ductilidade, baixo ponto de fusão e resistência à corrosão, resultaram no seu uso generalizado em diferentes indústrias, como a de automóveis, pintura, cerâmica, plásticos, etc. Isso, por sua vez, levou a um aumento múltiplo na ocorrência de chumbo livre em sistemas biológicos e no ambiente inerte (FLORA; GUPTA; TWIARI, 2012).

É reconhecido pela Organização Mundial da Saúde como um dos elementos químicos mais perigosos à saúde humana (WHO, 2000). A sua toxicidade é atribuível à sua bioacumulação no organismo e ao comprometimento de todos os órgãos e sistemas. A maior parte desse metal pesado entra no organismo pelas vias respiratórias (através da inalação do ar atmosférico) e gastrointestinal (pela contaminação da água, alimentos e solo). Quando a exposição a este metal é por via oral, a absorção de chumbo ocorre em níveis de 5 a 15% nos adultos e entre 40% nas crianças (LIU; GOYER; WALKES, 2008).

Segundo Moreira e Moreira (2004), os mecanismos de toxicidade envolvem processos bioquímicos fundamentais, que incluem a habilidade do Pb de inibir ou imitar a ação do cálcio e de interagir com proteínas. A toxicidade está relacionada principalmente ao sistema nervoso e hematopoiético. Entretanto, podem ocorrer efeitos renais e cardiovasculares. Não existindo, porém, evidências adequadas de carcinogenicidade em humanos, portanto classificado no Grupo 2B (IARC, 2006).

No sistema hematopoiético, a manifestação mais comum da exposição crônica ao Pb é a anemia. Este metal interfere na biossíntese do heme e altera a morfologia das hemácias, diminuindo a sua sobrevivência (JACOB et al., 2000). No sistema nervoso, a intoxicação crônica por Pb é responsável por déficit cognitivo especialmente em crianças, cujo sistema nervoso encontra-se em desenvolvimento, sendo uma importante causa de morbidade atribuída a exposições ambientais (WHO, 2010). A susceptibilidade ao Pb em período precoce pode, inclusive, causar neurodegeneração na vida adulta, como a doença de Alzheimer (WHYTE et al., 2009). Durante a gravidez, o Pb é mobilizado dos ossos para o sangue e pode penetrar a placenta afetando o feto, aumentando os riscos de um aborto



espontâneo. Mesmo após o parto os problemas continuam, pois, o chumbo pode ser absorvido pelo bebê através da amamentação (TONG et al., 2000).

No sistema renal, o Pb pode causar doença renal progressiva e irreversível. A nefropatia por Pb é caracterizada por uma redução gradual da função renal e é frequentemente acompanhada por hipertensão (MOREIRA e MOREIRA, 2006). No sistema cardiovascular, a intoxicação por Pb pode levar ao aumento da pressão arterial, lesões cardíacas e eletrocardiogramas anormais (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

### **3.3 TOXICOLOGIA DO CÁDMIO**

O Cd é um dos principais agentes tóxicos associados a poluição ambiental e industrial, que reúne quatro das características mais temidas de um elemento tóxico: Acarreta efeitos adversos ao homem, bioacumulável, persistente no meio ambiente e capaz de se locomover por grandes distâncias através do vento ou de corpos d' água (RAMÍREZ, 2002).

É um metal de elevado potencial tóxico, não essencial que se acumula nos tecidos e é absorvido pelas vias respiratórias e digestivas. A sua ocorrência está na exploração e no beneficiamento de outros metais como zinco e chumbo; na produção de tintas, baterias níquel- cádmio; nos combustíveis e lubrificantes; nos fungicidas; nos resíduos industriais e urbanos; nos corretivos e nos fertilizantes, principalmente os fosfatados (NOGUEIRA, 2012).

Esse metal entra no organismo essencialmente por duas vias: a inalatória e a oral (água e ingestão de alimentos contaminados). A via inalatória ocorre essencialmente em ambiente industrial e depois pela inalação da fumaça do cigarro, que contém elevados teores desse elemento, devido ao acúmulo de Cd pelas folhas de tabaco (CESPÓN-ROMERO; YEBRA-BIURRUN, 2014). A exposição ao cádmio ocorre essencialmente através dos alimentos, em particular nas ostras, mariscos e vegetais (ROCHA, 2009).

Estudos sobre os efeitos tóxicos do Cd na saúde humana foram muito estimulados a partir da década de 1970. Este fato está relacionado com a principal catástrofe envolvendo a exposição de seres ao Cd, resultando em uma doença

conhecida como “Itai-Itai”(SATARUG et al., 2009). Esta doença ocorreu no Japão e foi provocada pelo consumo de arroz e água contaminadas com Cd advindo de rejeito de mineração. O principal sintoma observado era dor intensa nos ossos (resultado da desmineralização óssea, osteoporose provocada pela substituição do cálcio nos ossos. Este caso foi o primeiro alerta sobre este metal que leva mais de 30 anos para ser eliminado do corpo (MANJARREZ et al.,2008).

O dano renal foi descrito como o principal problema para as pessoas expostas cronicamente ao Cd, provocando a perda de capacidade de reabsorção de nutrientes, vitaminas e minerais (BARBIER et al., 2005). Porém outros efeitos tóxicos também foram evidenciados no fígado, nos vasos sanguíneos, nos sistemas reprodutivos, nervoso, endócrino e cardiovascular. O Cd é classificado como carcinogênico para o ser humano (Grupo 1) com base em evidência de tumores pulmonares em trabalhadores e animais expostos por via inalatória (IARC, 1993).

### **3.4 IMPORTÂNCIA DO MANGUEZAL**

O manguezal é um importante ecossistema de transição entre o ambiente marinho e terrestre, característico de regiões tropicais e subtropicais, ocupando regiões tipicamente inundadas pela maré tais como: estuários, lagoas costeiras, baías e deltas (SCHAEFFER- NOVELLI, 1995).

Esse ecossistema desempenha diversas funções naturais de grande importância ecológica e econômica. É considerado um ambiente de alta produtividade, com papel importante na transformação da matéria orgânica em nutrientes, através do recebimento de águas ricas em nutrientes oriundos dos rios, principalmente, e do mar. Aliado a este favorecimento de localização, a vegetação apresenta uma produtividade elevada, sendo considerada como a principal fonte de carbono do ecossistema (ALVES, 2001). Apresentam condições ideais para reprodução e desenvolvimento de formas jovens de várias espécies animais, principalmente moluscos, crustáceos e peixes (ALVES, 2001). Funcionam, portanto, como verdadeiros berçários naturais (SCHMIEGELOW, 2004).

Segundo a União Internacional para a Natureza (IUCN), desde 1983, os manguezais foram denominados como Reserva de Biosfera. Desta forma, são de

fundamental importância a preservação e conservação destes ecossistemas, uma vez que existe um relevante papel social, cultural e econômico para a manutenção das comunidades que dependem direta e indiretamente das atividades pesqueiras. Além disso, os manguezais são uma fonte geradora de alimentos ricos em proteínas, possibilitando uma extração direta e gratuita do ambiente (ALVES, 2001).

Embora protegido por leis, os manguezais vêm sendo devastado pelas mais variadas atividades antropogênicas as quais podemos citar: a poluição, o crescimento desordenado das cidades, disposição de lixo inadequado, lançamento de esgotos sem tratamento, o despejo de resíduos sólidos e produtos químicos no mangue, como metais pesados (PÁDUA, 2014). Os efeitos negativos da degradação desse ecossistema afetam a sociedade em vários níveis, desde a contaminação de alimentos, diminuição da proteção da linha de costa, bem como a renda para muitas famílias.

### **3.5 CONTAMINAÇÃO POR METAIS EM CRUSTÁCEOS**

Os metais ocorrem em pequenas concentrações na natureza, sendo provenientes da atividade vulcânica e do intemperismo de rochas, podendo ou não ser essenciais aos seres vivos. O zinco, ferro, manganês e cobre constituem alguns dos elementos essenciais requeridos pelos organismos, em pequenas quantidades, enquanto o mercúrio, chumbo e cádmio, por não apresentarem função biológica, são normalmente tóxicos à biota, mesmo em pequenas concentrações (POISSANT et al., 2008).

Entretanto, atividades antropogênicas têm contribuído de forma significativa para o aumento desses elementos no ambiente aquático, incluindo às atividades industriais, agrícolas e mineração (DJEDJIBEGOVIC et al., 2012; OLMEDO et al., 2013). No ambiente aquático, os metais tóxicos, podem prejudicar às espécies, devido a sua toxicidade, persistência e comportamento acumulativo. A preocupação acerca deste assunto é mundialmente crescente, visto que estes xenobióticos podem chegar ao homem principalmente por meio da alimentação (VIRGA et al., 2007).

Os crustáceos são importantes fontes de vitaminas, minerais e proteína de elevado valor biológico (LIRA et al., 2007). No entanto, podem ser uma importante

fonte de contaminação por metais tóxicos (LOPES, 2009). Os metais e outros contaminantes químicos podem ser encontrados em diversos tecidos do animal e a sua absorção nos crustáceos pode ocorrer através da ingestão de alimento contaminado ou pelo contato com a água e sedimentos (REICHMUTH; WEIS; WEIS., 2010).

As brânquias são órgãos respiratórios responsáveis pelas trocas gasosas dos animais de respiração aquática (SANTOS et al., 1987). É o primeiro órgão a ter contato com os metais presentes na água, servindo, portanto, de via de entrada para estes e também de alvo para sua toxicidade (RAINBOW, 1995; ROMANO; ZENG, 2007). O hepatopâncreas, análogo ao fígado, exerce funções importantes em diversos processos metabólicos nos crustáceos, que incluem absorção, digestão, armazenamento e desintoxicação de substâncias (BHAVAN; GERALDINE, 2000).

De acordo com Pinheiro et al. (2012) a tendência é que as maiores concentrações de metais ocorram no hepatopâncreas, visto que esse órgão desempenha uma importante função biológica de desintoxicação, sendo o assim o órgão mais afetado. Outros autores sugerem que a principal fonte de contaminação seja através do contato com a água e sedimentos contaminados, através de estruturas permeáveis, como as brânquias (AHEARN; MANDAL; MANDAL, 2004, FRANCHI et al., 2011; PAGANINI; BIANCHINI, 2009).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da resolução- RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013 dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL para os Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Para crustáceos, os limites toleráveis para Pb e Cd são de  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ . Na Europa, os limites são os mesmos do Brasil e são estabelecidos através do Regulamento (CE) no 1881 de dezembro de 2006. Os limites são aplicados à parte comestível do crustáceo, excluindo a carne escura (brânquias e hepatopâncreas) (BRASIL, 2015; COMISSÃO EUROPEIA, 2006)

Trabalhos voltados à determinação de metais tóxicos em pescados estão sendo realizados com frequência. Em São Paulo, Virga et. al. (2007) determinaram Pb e Cd em siris azuis (*Callinectes sp*) coletados no Rio Cubatão e verificaram concentrações abaixo dos limites recomendados por agências de saúde para ambos elementos. Outro estudo na mesma região de Cubatão foi realizado por Pinheiro et al. (2012). Os autores não detectaram chumbo e mercúrio nas amostras, no entanto constataram presença cádmio acumulado principalmente no hepatopâncreas.

Vallejos (2015) determinou concentrações de cádmio em oito espécies de pescado e concluiu que as concentrações de cádmio em peixes, moluscos bivalves e cefalópodes ultrapassaram os limites permitidos, no entanto os crustáceos não excederam os limites preconizados na norma. Da mesma forma, Araújo et al. (2016) ao avaliarem o risco em relação ao consumo de frutos do mar na Baía de Aratu, Brasil, determinaram Pb e Cd em diversas espécies marinhas e observaram que todas as amostras estavam dentro dos padrões sanitários. Em outros países, Batvari et al. (2013) observaram baixos níveis de Pb e Cd em carne de caranguejo (músculo) coletados na Índia, mas constatou bioacumulação no hepatopâncreas. Na França, Noël et al. (2011) analisaram Pb e Cd em carne de crustáceos (lagostas e caranguejos) e encontraram níveis menores que  $0,50 \text{ mg kg}^{-1}$ . Na Noruega, Julshamn et al. (2015) também evidenciaram baixas concentrações de Pb e Cd em carne de caranguejo vermelho.

### **3.6 PREPARO E COZIMENTO DE CRUSTÁCEOS E CONTAMINAÇÃO POR METAIS**

A maior parte dos estudos que analisam elementos tóxicos em crustáceos, normalmente avaliam os tecidos crus ou *in natura* (músculo), mesmo que, quase exclusivamente, sejam consumidos cozidos. Sendo que o teor de metais varia substancialmente entre os diferentes tecidos dos crustáceos, com concentrações mais elevadas nas brânquias e hepatopâncreas e embora estes tecidos estejam localizados em partes diferentes no organismo do animal, a barreira física é limitada (WIECH et al., 2017). Assim, existe um risco da carne comestível (músculo) ser contaminada durante o processo de cozimento, acarretando em um aumento da ingestão de metais.

Estudos recentes têm evidenciado que o processo de cozinhar os crustáceos inteiros leva a uma transferência de metais de tecidos bioacumuladores para o músculo (WIECH et al., 2017). Os autores mostraram uma variação de  $0,024 \text{ mg kg}^{-1}$  de Cd em caranguejos crus (*Cancer pagurus*) para  $0,30 \text{ mg kg}^{-1}$  nos caranguejos cozidos. Perugini et al. (2015) também relataram influência do cozimento nas concentrações de metais em crustáceos. Um aumento significativo

( $p < 0,01$ ) nos teores de Pb foi observado em porções cozidas de lagosta comparadas com as porções brutas correspondentes.

Além disso, outra forma de contaminação durante o cozimento/armazenamento, pode ocorrer através da migração de recipientes contendo metais para os alimentos que estão em contato direto. O metal pode migrar de latas com soldas de chumbo, cerâmicas vitrificadas com Pb, objetos de cristal e decalques ou desenhos presentes nos invólucros de alimentos (CORVALÁN et al., 1999).

O termo migração é usado para descrever o processo de transferência de componentes do material em contato com alimentos para estes produtos. Os principais fatores que afetam a migração incluem o pH do alimento, o tempo que o alimento permanece em contato, a área de contato, temperatura, agitação e propriedades físico-química do alimento (QUINTAES et al., 2004; DONG et al., 2014).

No Brasil, a Portaria nº 27, de 18 de março de 1996, regulamenta sobre equipamentos de vidro ou cerâmicas vitrificadas que entram em contato direto com alimentos durante sua produção, elaboração, fracionamento, armazenamento, distribuição, comercialização e consumo (BRASIL, 1996). Os limites de migração são divididos em categorias:

**Tabela 1**- Limites de migração de metais de cerâmicas para alimentos.

Categorias	Descrição	Pb	Cd
Categoria I	Objetos que não possam ser preenchidos e objetos que possam ser preenchidos cuja profundidade interna entre o ponto mais baixo e o ponto mais horizontal que passe pela borda superior seja inferior ou igual a 25 mm.	0,8 mg/dm <sup>2</sup>	0,07 mg/dm <sup>2</sup>
Categoria II	Todos os demais objetos que possam ser preenchidos.	4,0 mg/kg	0,3 mg/kg
Categoria III	Utensílios de cozinha, embalagens e recipientes de armazenamento que tenham capacidade superior a 3 litros.	1,3 mg/kg	0,1 mg/kg

Fonte: Portaria nº 27, de 18 de março de 1996.

Para avaliar a migração de Pb para o alimento, amostras da moqueca de peixe preparadas em panelas de barro vitrificadas com óxido de chumbo foram analisadas por Chagas (2015). O autor determinou Pb nas amostras em diferentes tempos (logo após o cozimento, 6 e 24h após o cozimento), e constatou que houve aumento de 6,56 para 25,0 mg kg<sup>-1</sup> de Pb. Esse autor concluiu que as concentrações de Pb foram mais altas nas amostras com maior tempo de armazenamento. No México, autores demonstraram que alimentos ácidos, como suco de limão, lixiviavam 200 µg L<sup>-1</sup> de Pb e que a exposição à limonada contaminada resultou em 2,5 µg dL<sup>-1</sup> de Pb no sangue das ratas grávidas (DIAZ-RUIZ et al., 2016).

### **3.7 ARATU VERMELHO (*GONIOPSIS CRUENTATA*)**

O aratu *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) é conhecido popularmente a depender da região, como bonitinho, anajá, aratu, aratu vermelho, entre outros (Figura 6). Ocorrem no Atlântico Ocidental – Bermudas, Flórida, México, Antilhas, Guianas e Brasil (do Pará até Santa Catarina, além do arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas). Ocorre também no Atlântico Oriental – do Senegal a Angola (MELO, 1996). Habita áreas estuarinas das zonas tropicais e subtropicais, permanecendo boa parte do tempo emerso.

Pertencem à ordem decapoda, a qual faz parte também às lagostas e camarões. Possui a seguinte classificação taxonômica (BOTELHO et al., 2004).

Filo: Arthropoda

Classe: Crustacea

Ordem: Decapoda

Infraordem: Brachyura

Família: Grapsidae

Gênero: *Goniopsis*

Espécie: *Goniopsis cruentata*

É um caranguejo semi-terrestre, bastante ágil, capaz de se deslocar rapidamente entre as raízes e os troncos das árvores do manguezal. São bastante ativos durante o período diurno e noturno. E como não possuem o hábito de escavar, pode ser encontrado na entrada de tocas do caranguejo uçá *Ucides cordato* (Linnaeus, 1763), escondendo-se rapidamente ou escapam para dentro d'água quando ameaçados (COBO; FRANSOZO, 2003).

Quanto aos hábitos alimentares, *Goniopsis cruentata* é considerado um animal onívoro, alimenta-se desde folhas de mangue a cadáveres de crustáceos incluindo os da própria espécie (COBO; FRANSOZO, 2003; MOURA; COELHO, 2004).

**Figura 6.** Foto da espécie aratu vermelho (*Goniopsis cruentata*)



FONTE: A autora (2016)

A pesca artesanal do aratu representa uma atividade rural de subsistência e é desempenhada tradicionalmente por mulheres marisqueiras, que utilizam práticas e saberes, passado de geração a geração (BRANDÃO; SANTOS, 2016). Na costa do Brasil, principalmente no Nordeste, diversas comunidades dependem deste recurso, seja como fonte de renda ou fonte de alimentação (MACIEL; ALVES, 2009). A sua carne é bastante apreciada pela população, com baixo teor de gordura (1,56%) e rica em proteínas (24,38%) e sais minerais, como cobre, ferro, magnésio e zinco (PRAZERES, 2011).



A sua comercialização é realizada através da venda da carne (músculo) fervido e embalado em sacos de um quilo, chamado de catado, para restaurantes, feiras, população local e em rodovias (Figura 7). O beneficiamento do aratu é iniciado com a lavagem rigorosa do crustáceo. Após a lavagem, os aratus são cozidos inteiros com água e sal. Em seguida, após o resfriamento, os crustáceos passam pelo processo de catação, que consiste na separação da carne de seu exoesqueleto. Em seguida, são acondicionados em embalagens plásticas prontos para serem comercializados ou estocado congelado. Para o consumo, este catado é preparado normalmente como prato típico da culinária baiana, conhecido como moqueca, com azeite de dendê e leite de coco, muito apreciado regionalmente (Figura 8).

**Figura 7.** Pacote de 1 kg de aratu *G. Cruentata* catado



FONTE: A autora (2016)

**Figura 8.** Aratu cozido tradicionalmente como moqueca na panela de barro



FONTE: A autora (2016)

### 3.8 ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

A técnica de espectrometria de absorção atômica (EAA) é largamente difundida e empregada para a determinação de elementos traço nas mais diversas amostras. A partir do princípio de que átomos livres no estado gasoso gerados em um atomizador são capazes de absorver radiação de frequência específica, é possível quantificar na amostra o elemento de interesse, o analito (KRUG et al., 2004; OLIVEIRA, 2004).

A energia necessária para promover a excitação de um átomo em estado fundamental para um nível de maior energia está relacionada ao comprimento de onda da radiação a ser absorvido. Uma vez que cada elemento tem seus elétrons de valência em níveis energéticos específicos, somente algumas transições eletrônicas são permitidas, e estas transições definem o espectro de absorção/emissão de cada elemento.

A frequência específica mencionada para as transições eletrônicas permitidas é emitida por uma fonte espectral. As três principais fontes de radiação específicas produzidas com o próprio elemento a ser determinado são lâmpadas de cátodo oco (HCL), fontes de espectros contínuos e lâmpadas de descargas sem eletrodo (EDL).

Os instrumentos para medir a absorção atômica consistem em uma fonte de radiação, um atomizador, um seletor de comprimento de onda (monocromador), um detector, um processador de sinais e um dispositivo de saída. A fonte de radiação é responsável por emitir o comprimento de onda desejado para as transições eletrônicas do analito. A amostra é atomizada na chama ou em um forno. Após a passagem da radiação, um monocromador tem por base o uso de redes de difração, de modo a separar os diversos comprimentos de onda através de interferência. Assim, apenas uma faixa estreita, em torno de 0,2-2 nm, pode passar pela fenda de saída. O detector recebe as informações de todo o processo e um processador de sinais e o dispositivo de saída permitem a análise dos resultados obtidos. A radiação da lâmpada é modulada usando modulação mecânica ou elétrica e o amplificador é sintonizado na mesma frequência de modo a distinguir entre a radiação específica da lâmpada e outras radiações, como a radiação emitida pelo atomizador (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

A espectrometria de absorção atômica com chama é a técnica mais utilizada para análises elementares em níveis de  $\text{mg L}^{-1}$ , enquanto que a espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (EAAFG) é utilizada para determinações de baixas concentrações ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) (KRUG et al., 2004)

Na EAAFG, a amostra é introduzida por meio de uma micropipeta ou de um amostrador automático no tubo de grafite através de um orifício no mesmo, (SAINT'PIERRE, 2004). Uma vez dentro do tubo de grafite, a amostra é submetida a um programa de temperatura para eliminação da matriz e posterior atomização. Geralmente este programa inclui três etapas fundamentais: secagem da amostra, decomposição térmica da matriz (pirólise) e produção de átomos livres no estado vapor (atomização), e dois passos complementares: limpeza do forno e resfriamento (SAINT'PIERRE, 2004).

### **3.9 AVALIAÇÃO DE RISCO**

A preocupação com a presença de substâncias químicas nos alimentos iniciou-se na década de 1940 nos Estados Unidos. Em 1954, Lehman e Fitzhugh, dois toxicologistas da FDA (Food and Drug Administration), definiram as bases para o que hoje é chamado de IDA (Ingestão Diária Aceitável) (JARDIM; CALDAS, 2009). Posteriormente, o Conselho Nacional de Pesquisa americano elaborou o relatório Avaliação do Risco do Governo Federal: Gerenciando o Processo, onde foram estabelecidas as bases dos processos de avaliação e de gerenciamento do risco (NRC, 1983).

A avaliação de risco pode ser definida como a caracterização qualitativa e/ou quantitativa e a estimativa do potencial do efeito adverso à saúde associado à exposição de indivíduos ou de uma população a um perigo. Avaliar o risco causado pela exposição humana a substâncias químicas na dieta é amplamente reconhecido como um processo fundamental no desenvolvimento de padrões alimentares seguros (WHO, 2006).

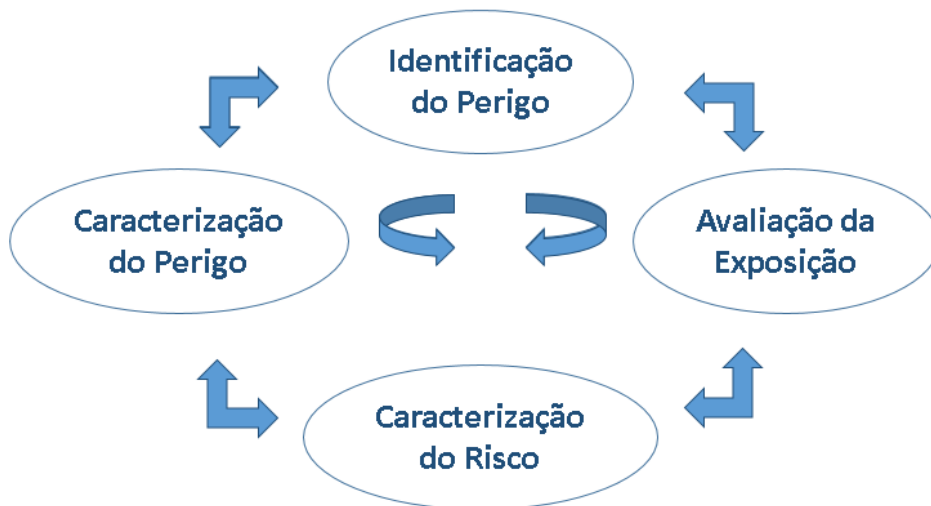
Essa avaliação faz parte de um processo interativo e contínuo que inclui, além da avaliação do risco, outros dois componentes: Gerenciamento do Risco e Comunicação do Risco. O gerenciamento do risco é definido como o processo pelo qual ações políticas são tomadas para controlar os perigos identificados na

avaliação do risco, considerando a proteção da saúde humana e/ou ambiental. A comunicação do risco engloba o fornecimento das informações obtidas da avaliação e do gerenciamento do risco, de uma maneira compreensível a todas as partes interessadas (AMARAL, 2013).

No contexto da análise do risco, a compreensão de dois termos é fundamental: Perigo e Risco. O termo perigo se refere agente biológico, químico ou físico, ou propriedade do alimento com potencial de causar efeito adverso à saúde. Risco função da probabilidade da ocorrência de um efeito adverso à saúde e da gravidade desse efeito, causado por um perigo ou perigos existentes no alimento (WHO, 2006).

A avaliação de risco é composta de quatro etapas: A identificação do perigo, a caracterização do perigo, a avaliação da exposição e a caracterização do risco (Figura 9) (WHO, 2006). Não é um modelo fixo, pois, após a identificação do perigo, a ordem das demais etapas é definida de acordo com as hipóteses e os dados obtidos, sendo possível repetir alguma etapa, se necessário.

**Figura 9.** Etapas da avaliação de risco



FONTE: Adaptado de WHO (2006)

### 3.9.1 Identificação do perigo

A primeira etapa da avaliação do risco, a identificação do perigo, é definida de uma maneira geral, como “a identificação do tipo e da natureza dos efeitos adversos que um agente tem a capacidade inerente de causar em um organismo intacto, sistema ou população” (AMARAL, 2013). Diferentes tipos de efeitos adversos podem ser causados por diversos agentes. Assim, o principal objetivo da identificação do perigo é avaliar se determinada substância tem o potencial de causar efeitos adversos em humanos baseado em uma revisão de todos os dados disponíveis sobre sua toxicidade e modo de ação (BENFORD, 2001).

### 3.9.2 Caracterização do perigo

A caracterização do perigo compreende a “descrição qualitativa e, quando possível, quantitativa, das propriedades inerentes de um agente em causar efeitos adversos e deve incluir, se possível, a relação dose-resposta”, que pode ser definida como “a relação entre a quantidade do agente administrado ou absorvido por um organismo, sistema ou população e a alteração desenvolvida em reação a esse agente” (IPCS,2004). Entre os tipos de dado que se podem utilizar para estabelecer as relações dose-resposta estão os estudos de toxicidade animal, os estudos de exposição humana clínica e os dados epidemiológicos procedentes de pesquisas sobre a doença.

As substâncias presentes em alimentos e cujos efeitos tóxicos apresentam um limite (*threshold*) são tradicionalmente avaliadas com a utilização de uma IDA (Ingestão Diária Aceitável). Deve ser considerado que estes efeitos estão associados com certo limite de exposição, abaixo do qual os mecanismos de defesa naturais do organismo irão reverter as pequenas alterações causadas pela substância química e manter a homeostase e, portanto, o efeito tóxico não será observado (BENFORD, 2000). Para as substâncias cujos efeitos não apresentam um limite de exposição (*non-threshold*), como o chumbo por exemplo, a postura regulatória internacionalmente adotada é assumir que não existe um nível de exposição seguro e a presença dessas substâncias deve ser evitadas em alimentos.

A Agência de Proteção Ambiental Americana (Environmental Protection Agency - U.S.EPA) utiliza o fator Dose de Referência (DRf) como substituição ao conceito de ingestão aceitável, com o intuito de modificar a ideia que se desprende da palavra “aceitável” e “seguro” (SILVÉRIO; UMBUZEIRO, 2011).

### 3.9.3 Avaliação da exposição na dieta

Avaliação da exposição é definida como a estimativa qualitativa e/ ou quantitativa da ingestão provável de agentes biológicos, químicos ou físicos via alimento, bem como a exposição de outras fontes, se relevante. Para estimar a exposição humana às substâncias químicas presentes nos alimentos são necessários três dados essenciais: a concentração da substância no alimento ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), o consumo do alimento (kg) e o peso corpóreo (kg) (individual ou da população em estudo (JARDIM; CALDAS, 2009). A estimativa da dose de exposição ao metal por ingestão no alimento é definida pela Equação:

$$DE_{ing} = \frac{C_{metal} \times T_{ing} \times t_{exp} \times f_{exp}}{P_c \times tm_{exp}}$$

Onde:

$DE_{ing}$ : Dose de ingestão

$C_{metal}$  = Concentração do metal no alimento ( $\text{mg kg}^{-1}$ );

$T_{ing}$  = Taxa de ingestão do alimento ( $\text{kg pessoa}^{-1}\text{dia}^{-1}$ );

$t_{exp}$  = Tempo de exposição (anos de idade);

$f_{exp}$  = Frequência de exposição ( $\text{diasano}^{-1}$ );

$P_c$  = Peso corporal médio (kg);

$tm_{exp}$  = Tempo médio de exposição ( $t_{exp} \times 365$  dias).

### 3.9.4 Caracterização do risco

A caracterização do risco é definida como a determinação qualitativa e quando possível quantitativa, da probabilidade de ocorrência de um efeito adverso

conhecido, em um organismo, sistema ou população, sob condições definidas de exposição a um determinado agente (risco). Nessa etapa, as informações obtidas na identificação e caracterização do perigo e na avaliação da exposição são combinadas, para estimar a probabilidade e a intensidade na qual um perigo pode ocorrer decorrente de uma exposição específica. A severidade e a probabilidade da ocorrência de efeitos adversos orientam a estimativa do risco como negligenciável, tolerável e intolerável. A quantificação do risco, utilizada pela EPA para descrever o potencial de toxicidade sistêmica, não é expressa em termos de probabilidade. Em lugar disto, os efeitos potenciais não-carcinogênicos são avaliados pela comparação da dose decorrente da exposição em um período específico com a dose de referência ( $DR_f$ ) derivada para o mesmo período.

Esta razão entre a exposição e a dose de referência é chamada de Quociente de Risco para o contaminante (QR) e é definida como:

$$QR = \frac{DE_{ing}}{DR_f}$$

Onde:

$DE_{ing}$ : Dose de ingestão ( $mg\ kg^{-1}dia^{-1}$ )

$DR_f$ : Dose de referência ( $mg\ kg^{-1}dia^{-1}$ ).

O Quociente de Risco assume que existe um nível de exposição abaixo do qual é improvável, mesmo para populações mais sensíveis, a ocorrência de efeitos adversos à saúde. Se o nível de incorporação exceder este limiar (isto é, se  $DE_{ing}/DR_f > 1$ ), estará indicando que o contaminante pode vir a ser importante para efeitos potenciais não-carcinogênicos. Como regra, quanto maior o valor do QR acima da unidade, maior o nível de importância (BRILHANTE; CALDAS, 1999).

#### 4. REFERÊNCIAS

AHEARN, G. A.; MANDAL, P. K.; MANDAL, A. Mechanisms of heavy-metal sequestration and detoxification in crustaceans: A review. **Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology**, v. 174, n. 6, p. 439–452, 2004.

ALLEGRETTI, Lopes C. A. **Qualidade, Produtividade e Meio Ambiente: Uma proposta ao desenvolvimento de um revestimento cerâmico livre de chumbo**. Dissertação (Mestrado) – UFSM, Santa Maria, 20-4, 2004.

ALVES, J. R. P. **Manguezais: educar para proteger**. Rio de Janeiro: FEMAR: SEMADS. 96 p. 2001.

AMARAL, L. M. S. **Análise crítica dos valores de Ingestão Diária Aceitável estabelecidos para praguicidas no Brasil, em relação às agências internacionais e a Agência de Proteção Ambiental Americana, e suas implicações na avaliação do risco**. 2013. 161f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

ARAÚJO, C. F. S. et al. Cadmium and lead in seafood from the Aratu Bay, Brazil and the human health risk assessment. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 188, n. 4, p. 259, 2016.

BARBIER, O. et al. Effect of heavy metals on, and handling by, the kidney. **Nephron - Physiology**, v. 99, n. 4, p. 105–110, 2005.

BATVARI, B. et al. Heavy metals accumulation in crab and shrimps from Pulicat lake, north Chennai coastal region, southeast coast of India. **Toxicology and Industrial Health**, v. 32, n. 1, p. 1–6, 2013.

BENFORD, D. The acceptable daily intake: a tool for ensuring food safety. Brussels, Belgium: International **Life Sciences Institute (ILSI)**, 2000. Disponível em: <<http://www.ilsa.org/Europe/Pages/ConciseMonographSeries.aspx>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

BHAVAN P.S; GERALDINE, P. Histopathology of the hepatopancreas and gills of the prawn *Macrobrachium malcolmsonii* exposed to endosulfan. **Aqua Toxicol** 50 (4): 331-339, 2000.



BOTELHO, E. R. O.; ANDRADE, C. E. R.; SANTOS, M. C.F. Estudo da população de aratu-do-mangue, *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) (Crustacea, Decapoda, Grapsidae) no estuário do rio Camaragibe, Barra de Camaragibe (Alagoas – Brasil). **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, v. 12. n.1, p. 91-98, 2004.

BRANDÃO, B.O; SANTOS, J.A.B. A valorização dos produtos tradicionais através da indicação geográfica : o potencial do aratu de Santa Luzia do Itanhy. **Revista brasileira de desenvolvimento regional, Blumenau**, 4 (2), P. 149-175, 2016

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos**. RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Aprova o regulamento técnico sobre embalagens e equipamentos de vidro e cerâmica em contato com alimentos**. Portaria nº 27, de 18 de março de 1996.

BRILHANTE, O. M.; CALDAS, L. Q. A., Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental. Rio de Janeiro: **Editora FIOCRUZ**, 1999. 155 p. ISBN 85-85676-56-6 Disponível em Scielo Books <<http://books.scielo.org>>. Acesso em 12 jun. de 2017.

CARBONELL, Sonia. **Maragogipinho- As vozes do barro: práxis educativas em culturas populares**. Tese (doutorado em educação). São Paulo (SP). Universidade de São Paulo, 2015.

CESPÓN-ROMERO, R. M.; YEBRA-BIURRUN, M. C. **International Journal of Environmental Application of factorial designs for optimisation of on-line determination of cadmium , lead and nickel in welding fumes by atomic absorption spectrometry**. n. December 2014, p. 37–41, 2014

CHAGAS, Manuel P. **Avaliação da migração de metais de panela de barro de diferentes origens no preparo de alimentos**. Tese (doutorado em química). Salvador (BA). Universidade Federal da Bahia, 2015.

COBO, V. J.; FRANSOZO, A. External factors determining breeding season in the red mangrove crab *Goniopsis cruentata* (Latreille) (Crustacea, Brachyura, Grapsidae) on the São Paulo State northern coast, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 2, p. 213–217, 2003.

COMISSÃO EUROPEIA. 2006. Regulamento da Comissão (CE) nº 1881/2006: **Fixa os teores máximos de certos contaminantes presentes nos gêneros alimentícios**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 364: 5-24, 2006

COSTA, R. G. et al. Lead and cadmium in mangrove root crab (*Goniopsis cruentata*), *in natura* and at food processing stages. **Food Additives & Contaminants: Part B** DOI: 10.1080/19393210.2017.1322638, 2017.

CORVALÁN, C. F.; KJELLSTRÖM, T.; SMITH, K. R. Health, Environment and Sustainable Development: Identifying Links and Indicators to Promote Action. **Epidemiology**, v.10, n. 5, 1999.

DIAS, N. M. P. et al. Adsorção De Cádmiio Em Dois Latossolos Ácricos E Um Nitossolo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, n. 1, p. 8, 2001.

DIAZ-RUIZ, A. et al. Glazed clay pottery and lead exposure in Mexico: Current experimental evidence. **Nutritional Neuroscience**, v. 8305, n. June, p. 1–6, 2016.

DJEDJIBEGOVIĆ, J. et al. Contents of cadmium, copper, mercury and lead in fish from the Neretva river (Bosnia and Herzegovina) determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). **Food Chemistry**, v. 131, n. 2, p. 469–476, 2012.

DONG, Z. et al. Migration of toxic metals from ceramic food packaging materials into acid food simulants. **Math Probl Eng**, p 1–7, 2014.

FLORA, G.; GUPTA, D.; TIWARI, A. Toxicity of lead: a review with recent updates. **Interdisciplinary Toxicology**, v. 5, n. 2, p. 47–58, 2012.

FOOD SAFETY AUTHORITY OF IRELAND (FSAI). Mercury, Lead, Cadmium, Tin and Arsenic in Food. **Toxicology Factsheet Series**, p. 1–13, 2009.

IPCS. International Programme on Chemical Safety. **Risk Assessment Terminology**. Geneva, Switzerland: United Nations Environmental Programme, International Labour Organization, World Health Organization, 2004. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/harmproj/harmproj/harmproj1.pdf>>. Acesso em: jun.2017.

IARC. International Agency for Research on Cancer. **Beryllium, Cadmium, Mercury and Exposures in the Glass Manufacturing Industry**, In: Monographs on the evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, vol. 58. Lyon, France, IARC Press, 1993.

IARC. International Agency for Research on Cancer. **Inorganic lead and organic lead compounds**, In: Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Vol 87, Lyon, France, IARC Press, 2006.

JACOB, B. et al. The effect of low-level blood lead on hematologic parameters in children. **Environmental research**, v. 82, n. 2, p. 150–159, 2000.

JARDIM, A. N. O.; CALDAS, E. D. Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1898–1909, 2009.

JULSHAMN, K. et al. Heavy metals and POPs in red king crab from the Barents Sea. **Food Chemistry**, v. 167, p. 409–417, 2015.

KRUG, F. J.; NÓBREGA, J. A.; OLIVEIRA, P. V. **Espectrometria de absorção atômica. Parte 1**. Fundamentos e atomização com chama, 2004.

LIMA, M.V et al. Lead handmade glazed food wares ceramic. **Revista Brasileira de Toxicologia** , v.15, p 19–23, 2002.

LIU, J., GOYER, R. A., WAALKES, M. P. **Toxic Effects of Metals**. Em C. a. Doull's, Toxicology: The Basic Science of Poisons (pp. 932-971). New-York, EUA: McGraw-Hill Companies, 2008.

LIMA, M.V et al. Lead handmade glazed food wares ceramic. **Revista Brasileira de Toxicologia** , v.15, p 19–23, 2002.

LIRA, G. M. et al. Nutritional value of crustaceans from Lagoone-Estuary Complex Mundaú / Valor nutritivo de crustáceos do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú /. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 66, n. 3, p. 261–267, 2007.

LUO, W. et al. Effects of chronic lead exposure on functions of nervous system in Chinese children and developmental rats. **NeuroToxicology**, v. 33, n. 4, p. 862–871, 2012.

LOPES, Ana Maria Ribeiro Marques. **Avaliação da contaminação em metais pesados no pescado: Análise da situação do pescado comercializado em Portugal e dos alertas emitidos pelo sistema RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed)**. Dissertação (mestrado). Lisboa, Portugal, 2009.

MACIEL, D. C. & ALVES, A. G. C. Conhecimentos e práticas locais relacionados ao aratu *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) em Barra de Sirinhaém, litoral sul de Pernambuco. **Biota Neotrop.**,v. 9, n. 4, 2009.

MANJARREZ PABA, G.; CASTRO ANGULO, I.; UTRIA PADILLA, L. Bioacumulación de cadmio en ostras de la bahía de Cartagena: Bio-accumulation cadmium in oysters of Cartagena bay. **Revista Ingenierías Universidad de Medellín**, v. 7, n. 13, p. 11–20, 2008.

MARKET. B. **Biogeochemistry of inorganic chemicals in the environment**. In: Schüürmann G, Markert B, editors. Ecotoxicology. Heidelberg: John Wiley and Sons. Inc. and Spektrum Akademischer Verlag, 1998. Part 2, p.165-199, 1998.

MORGANO, M. A. et al. Avaliação de contaminantes inorgânicos (As , Cd , Cr , Hg e Pb) em espécies de peixes Inorganic contaminants (As , Cd , Cr , Hg and Pb ) in fish species. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 70, n. 4, p. 497–506, 2011.

MELO, G.A.S. **Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro**. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo/ Editora Plêiade/ FAPESP, 1996, 604p.

MOURA, N. F. O.; COELHO, P. A. Maturidade sexual fisiológica em *Goniopsis cruentata* (Latreille) (Crustacea, Brachyura, Grapsidae) no estuário do Paripe, Pernambuco, Brasil. **Rev. Bras. Zool.**, Curitiba, v. 21, n. 4, p. 1011-1015, 2004.

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 15, n. 2, p. 119–129, fev. 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC); **Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process**. Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health. National Academy Press, Washington, DC. 1983

NETO, Athur Duarte Pinto. **A atividade ceramista artesanal de Maragogipinho e a relação com a degradação ambiental: perspectivas e sustentabilidade**. Mestrado (Engenharia ambiental urbana). Salvador (BA). Universidade Federal da Bahia, 2008.

NOËL, L. et al. Contamination levels of lead, cadmium and mercury in imported and domestic lobsters and large crab species consumed in France: Differences between white and brown meat. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 3, p. 368–375, 2011.

NOGUEIRA, T. A. R. **Disponibilidade de Cd em Latossolos e sua transferência e toxicidade para as culturas de alface, arroz e feijão**. 160p.Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP. 2012.

OLIVEIRA, E. P. **Aplicação da espectrometria de absorção atômica com forno de grafite na determinação direta de manganês, chumbo e cromo em águas de produção**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Fluminense. Niterói-RJ, 2004.

OLMEDO, P. et al. Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers. **Environment International**, v. 59, p. 63–72, 2013.

PERUGINI, M. et al. Lead, cadmium and chromium in raw and boiled portions of Norway lobster. **Food Additives & Contaminants: Part B: Surveillance**, v.7, n.4, p. 267-272, 2014.

PINHEIRO, M. A. A. et al. Accumulation of six metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucididae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiosperma: Rhizophoraceae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 81, p. 114–121, 2012.

POISSANT, L.; ZHANG, H. H.; CANÁRIO, J.; CONSTANT, P. Critical review of mercury fates and contamination in the arctic tundra ecosystem. **Science of total Environment**, v. 400, p. 173-211, 2008.

PRAZERES, Marcionila G. A. **Determinação de macro e microelementos em crustáceos catados comercializados em Salvador, Bahia, Brasil**. Dissertação (mestrado em ciências)- Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA, 2011.

QUINTAES, K.D. et al. Migração de minerais de panelas brasileiras de aço inoxidável, ferro fundido e pedra-sabão (esteatito) para simulantes de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 3, p. 397–402, 2004.

RAINBOW P.S. Physiology, Physicochemistry and metal uptake – a crustacean perspective. **Mar. Pollut. Bull**, v. 31, p. 55-59, 1995.

RAMIREZ, A; Toxicología del Cádmiio. Conceptos Actuales para Evaluar Exposición Ambiental u Ocupacional com Indicadores Biológicos, **Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos**; Vol. 63 (1): 51-64; 2002.

REICHMUTH, J. M.; WEIS, P.; WEIS, J. S. Bioaccumulation and depuration of metals in blue crabs (*Callinectes sapidus* Rathbun) from a contaminated and clean estuary. **Environmental Pollution**, v. 158, n. 2, p. 361–368, 2010.

ROCHA, A. F. Cádmiio, Chumbo, Mercúrio – **A problemática destes metais pesados na Saúde Pública?** Dissertação (mestrado) – Universidade do Porto, Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação. Porto, 2009, 63p.

ROMANO, N; ZENG, C. Ontogenetic changes in tolerance to acute ammonia exposure and associated gill histological alterations during early juvenile development of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus*. **Aquacult**, 266(1-4):246-254, 2007

RUÍZ-SANDOVAL G. Envenenamiento lento por plomo en los habitantes de Oaxaca. **Gac Méd Méx Periódico La Acad Med México**. 13:393–403, 1878.

SAINT'PIERRE, T. D. **Desenvolvimento de métodos analíticos para determinação de metais traço em álcool combustível e gasolina por espectrometrias de absorção atômica e de massa com plasma indutivamente acoplado**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis - RS, 2004.

SANTOS, E.A., BALDISSEROTO, B., BIANCHINI, A., COLARES, E.P., NERY, L.E.M., MANZONI, G.C. Respiratory mechanisms and metabolic adaptations of an intertidal crab, *Chasmagnathus granulata* (Dana, 1851). **Comparative Physiology and Biochemistry**, v 88, n1, p. 21-2, 1987.

SANTOS, G.L. **Determinação de Cádmio e Chumbo em Tecidos de Cetáceos por Espectrometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite**. Dissertação (mestrado) – Instituto de Química, Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2009.

SANTOS, N.R. **Validação da metodologia analítica para determinação da zinco-protoporfirina por CLAE em população exposta ao chumbo**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Farmácia). Salvador (BA). Universidade Federal da Bahia, 2016.

SATARUG, S.; GARRETT, S. H.; SENS, M. A.; SENS, D. A. Cadmium, Environmental Exposure, and Health Outcomes. **Environmental Health Perspectives**, v. 118, n. 2, p. 182–190, 5 out. 2009.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (coord.). Manguezal: Ecossistema entre a Terra e o Mar. São Paulo: *Caribbean Ecological Research*, 1995.

SCHMIEGELOW, J. M. **O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas**. Editora Interciência LTDA, 202p., 2004.

SILVÉRIO, P; UMBUZEIRO, GA. **Revista INTERFACEHS** - v.6, n.1, Resenha, Abril. 2011.

SIPROAR (**Sistema de Proteção ao Artesanato**). Maragogipinho/BA. Disponível em: <<http://siproarandreasalesdesigner.blogspot.com.br/p/comunidade-de-maragogipinhoba.html>>acessado em maio de 2017.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental .5ª ed.**, Porto Alegre: Bookman, 2002.

PÁDUA, Karine G. **Intervenção ambiental: consequências sem limites**. Monografia [especialização em educação ambiental]. Matinhos (PR). Universidade Federal do Paraná, 2014.

PALDING, M.; KAINUMA, M.; COLLINS, L. World Atlas of Mangrove. London: **Earthscan Publications**. 336 p, 2010.

TONG, S et al. Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. **Bulletin of the World Health Organization**, p. 1068-1077, 2000

VALLEJOS, G.M.M. Contaminación de alimentos marinos por cadmio en Lima, 2015. **Apuntes de Ciencia y Sociedad**, v. 5, p. 275–279, 2015.

VIRGA, R.; GERALDO, L.; SANTOS, F. Assessment of heavy metal contamination in blue crab specimens. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, v. 27, n. 4, p. 779–785, 2007.

WIECH, M. et al. Effects of cooking and freezing practices on the distribution of cadmium in different tissues of the brown crab (*Cancer pagurus*). **Food Control**, v. 75, p. 14–20, 2017.

WHYTE, A. L. H. et al. Human dietary exposure to heavy metals via the consumption of greenshell mussels (*Perna canaliculus* Gmelin 1791) from the Bay of Islands, northern New Zealand. **Science of the Total Environment**, v. 407, n. 14, p. 4348–4355, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for Air Quality**, 2 nd edition: Geneva, 2000.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Food safety risk analysis: A guide for national food safety authorities**. Rome: FAO; 2006. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0822e/a0822e00.pdf> Acesso em 08 junho 2017.

YOKEL, RA. The Speciation of Metals in Mammals Influences their Toxicokinetics and Toxicodynamics and Therefore Human Health Risk Assessment; **Journal of Toxicology and Environmental Health-Part B-Critical Reviews**; v 9, n 1, p 63-85, 2006.

## APRESENTAÇÃO DO CAPÍTULO 2

O Capítulo 2 apresenta o artigo que aborda sobre o consumo de aratu vermelho *Goniopsis cruentata* e o risco de exposição ao chumbo em moradores de Maragogipinho. Este estudo foi realizado através das concentrações de chumbo encontradas nas amostras e a frequência de consumo do crustáceo pelo público infantil e adulto feminino, com base no questionário de frequência alimentar. Não foi feita estimativa de risco para o cádmio por que todas as amostras analisadas do aratu *in natura* e processado estavam abaixo do limite de detecção do método, como está demonstrado no artigo publicado na Food Additives & Contaminants apresentado no Apêndice 1.



## CAPÍTULO 2- CONSUMO DE ARATU VERMELHO (*GONIOPSIS CRUENTATA*) E RISCO DE EXPOSIÇÃO AO CHUMBO EM MORADORES DE UM ESTUÁRIO NA BAHIA, BRASIL

Renata G. Costa; José A. Menezes-Filho

### RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar os níveis de chumbo (Pb) em aratu vermelho *Goniopsis cruentata* e realizar uma avaliação de risco do consumo desse crustáceo pelos habitantes de Maragogipinho, distrito de Aratuípe, Bahia. Os aratus *in natura* e processado (catado e moqueca) foram coletados trimestralmente e os níveis de Pb foram analisados por espectrometria de absorção atômica no forno de grafite (EAAFG). Com base no consumo de aratu obtido com uma amostra da população, usando questionário de frequência alimentar, foram calculadas estimativas dos quocientes de riscos não carcinogênicos (QR) para adultos e crianças. As médias de concentrações de Pb no aratu *in natura* dos três períodos de coleta foram: 0,17 ( $\pm 0,359$ );  $< 0,012$  e 0,05 ( $\pm 0,086$ ) mg kg<sup>-1</sup> (peso úmido), nas brânquias, músculo e hepatopâncreas respectivamente. No aratu processado, as concentrações médias em abril foram: 0,05 ( $\pm 0,008$ ) e 2,84 ( $\pm 0,220$ ) mg kg<sup>-1</sup> no aratu catado e na moqueca, respectivamente; em julho, os valores foram abaixo do Limite de Detecção (LD) no catado e 0,23 ( $\pm 0,011$ ) mg kg<sup>-1</sup> na moqueca; e em outubro os níveis foram abaixo do LD em ambas as preparações. Os teores de Pb na parte comestível do aratu *in natura* (músculo) e no catado estavam dentro das normas nacionais e internacionais, no entanto na moqueca coletada em abril a concentração média de Pb ultrapassou cerca de seis vezes o limite máximo permitido. O QR médio para o consumo do aratu processado (moqueca) foi inferior à unidade, classificado como risco negligenciável. O aratu vermelho do estuário do Rio Jaguaripe pode ser considerado um alimento seguro, contudo deve ser evitado o seu cozimento em utensílios vitrificados com óxido de chumbo.

**Palavras-chave:** Chumbo, *Goniopsis cruentata*, cerâmica vitrificada, avaliação de risco, contaminação ambiental.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the levels of lead (Pb) in mangrove root crab *Goniopsis cruentata* and to carry out a risk assessment based on the individual frequency of food consumption of the inhabitants of Maragogipinho, Brazil. The mangrove root crab *in natura* and cooked (boiled/sorted muscles and in the traditional stew) were collected quarterly and the Pb levels were analyzed by graphite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS) and based on the consumption of mangrove root crab, estimates of the non-carcinogenic risk quotients (QR). The mean values of Pb concentrations in mangrove root crab *in natura* of the three collection periods were: 0.17 ( $\pm 0.359$ ),  $<0.012$  and 0.05 ( $\pm 0.086$ ) mg kg<sup>-1</sup>(wet weight) in the gills, muscle and hepatopancreas respectively. The average concentrations in April were 0.05 ( $\pm 0.008$ ) and 2.84 ( $\pm 0.220$ ) mg kg<sup>-1</sup> in the boiled/sorted muscles and in the traditional stew, respectively; in July were below the limit of detection (LD) in the boiled/sorted and 0.23 ( $\pm 0.011$ ) mg kg<sup>-1</sup> in the traditional stew, and in October were below the methods' LD in both foods. The edible part of the mangrove root crab (muscle) and boiled/sorted muscles were within the national and international standards, however the traditional stew collected in April surpassed about 6 times the maximum limit allowed. The QR for mangrove root crab consumption in the form of traditional stew was  $<1$ , classified as negligible risk. The mangrove root crab of the Jaguaripe River estuary can be considered a safe food, but cooking should be avoided in lead glazed pottery.

**Keywords:** Lead, *Goniopsis cruentata*, glazed pottery, risk assessment, environmental contamination.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos alimentos que consumimos está presente uma ampla variedade de substâncias químicas, aquelas essenciais à manutenção da saúde, como proteínas, vitaminas e minerais, e outras potencialmente tóxicas, como pesticidas, aditivos e metais pesados. A carência de alguma nutriente ou a presença excessiva de substâncias tóxicas no alimento pode significar risco à saúde humana (JARDIM; CALDAS, 2009).

Metais pesados, como o chumbo (Pb), por não serem biodegradáveis podem se acumular nos tecidos vivos ao longo da cadeia alimentar chegando ao homem principalmente por meio da alimentação (VIRGA et al, 2007). Esses elementos tóxicos podem ocorrer nos alimentos como resultado da contaminação ambiental e/ou

através do seu processamento, que envolve a produção, acondicionamento, transporte e conservação (FSAI, 2009).

O Pb é um elemento não essencial e bioacumulativo e seus mecanismos de toxicidade envolvem processos bioquímicos fundamentais, incluindo a capacidade de inibir ou imitar a ação do cálcio e interagir com as proteínas, podendo afetar todos os sistemas e órgãos do organismo humano, principalmente o sistema nervoso e hematopoiético, apesar de também causar efeitos renais, cardiovasculares e reprodutivos (ATSDR, 2007, JAISHANKAR et al., 2014, WHO, 2010). As crianças são mais vulneráveis à intoxicação por Pb do que os adultos, devido a sua maior capacidade de absorção, maior ingestão de alimentos por unidade de peso corporal, hábito de levar as mãos à boca, entre outros (WHO, 2010). Conseqüentemente, baixos níveis de Pb sanguíneos em crianças, inferiores a  $5 \mu\text{g dL}^{-1}$ , pode comprometer o seu desenvolvimento neurológico (LUO et al., 2012; WHO, 2010).

O Pb é um metal ubíquo no meio ambiente, presente naturalmente ou proveniente de atividades antropogênicas, como exemplo: mineração, fundição, fabricação de pigmentos e acumuladores elétricos (CAPITANI et al., 2007). No México, há anos têm sido relatado contaminação ambiental e humana decorrente do seu uso na vitrificação de cerâmicas artesanais (RUÍZ- SANDOVAL, 1878; ROMIEU et al., 1994). Em Pernambuco, Lima et al. (2002), estimaram uma liberação média de 166 kg de Pb por ano no meio ambiente proveniente deste processo de vitrificação.

A vila de Maragogipinho, situada às margens do Rio Jaguaripe no município de Aratuípe, no recôncavo Baiano, Brasil, é o maior centro cerâmico da América Latina e tem como característica principal a produção de cerâmica artesanal. No processo de fabricação de alguns utensílios utilitários, principalmente aqueles usados para cozinhar, armazenar e servir os alimentos, as peças são vitrificadas com óxido de chumbo, com a finalidade de impermeabilizá-las e ainda conferir brilho e resistência (ALLEGRETTI, 2004). Essa substância é obtida rudimentarmente fundindo-se e queimando-se a céu aberto o chumbo metálico de baterias de veículo automotores. As olarias que produzem as cerâmicas são quase sempre rudimentares e estão situadas às margens do rio Jaguaripe, muito próximas às residências e as zonas de manguezal. No processo de fabricação, que envolve a

preparação do óxido de Pb e a vitrificação da cerâmica, os resíduos são liberados e descartados no meio ambiente, contaminando a biota deste estuário (COSTA et al., 2017).

Os manguezais são ambientes estuarinos especiais que desempenham funções naturais de grande importância ecológica, destacando-se o desenvolvimento e reprodução de diversas espécies, como peixes, moluscos e crustáceos (ALVES, 2001). O aratu vermelho *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) (Crustacea, Brachyura, Grapsidae) é um dos principais crustáceos encontrados no manguezal do rio Jaguaripe com ampla distribuição e ocorrência ao longo do ano, sendo bastante explorado como fonte de alimentação e renda para a população local. A sua comercialização é realizado através da venda do tecido muscular fervido e embalado em sacos de um quilo (chamado de catado) para restaurantes, feiras, população local e em rodovias. Para o consumo, este catado é preparado normalmente na forma de moqueca, tradicionalmente cozida e/ou servida em panelas de barro.

Os crustáceos são importantes fontes de vitaminas, minerais e proteínas, mas também pode ser fonte de contaminação por metais tóxicos, resultado da contaminação ambiental ou do seu processamento (BATVARI et al., 2016; COSTA et al., 2017; LIRA et al., 2007). Os metais podem ser encontrados em diversos tecidos do animal, com maiores níveis em tecidos acumuladores (hepatopâncreas e brânquias) e menores níveis no músculo (parte comestível) (FRANCHI et al, 2011; PINHEIRO et al., 2012). No entanto, durante o seu cozimento, existe um risco da parte comestível ser contaminada pela migração do metal concentrado nos tecidos acumuladores (WIECH et al., 2017). Além disso, pode haver migração de metais das cerâmicas vitrificadas utilizadas na cocção (CHAGAS, 2015).

A legislação estabeleceu limites máximos de Pb em partes comestíveis do crustáceos de  $0,50 \text{ mg kg}^{-1}$  (COMISSÃO EUROPEIA, 2006; BRASIL, 2013). Entretanto, a exposição prolongada a este contaminante em concentrações relativamente baixas também pode levar a efeitos adversos, de forma que uma avaliação de risco decorrente da dieta também é necessária para estimar o risco real (HASSAN et al., 2016).

A Organização Mundial de Saúde e a Organização para Alimentação e Agricultura, com base em dados epidemiológicos, estimou que a exposição crônica

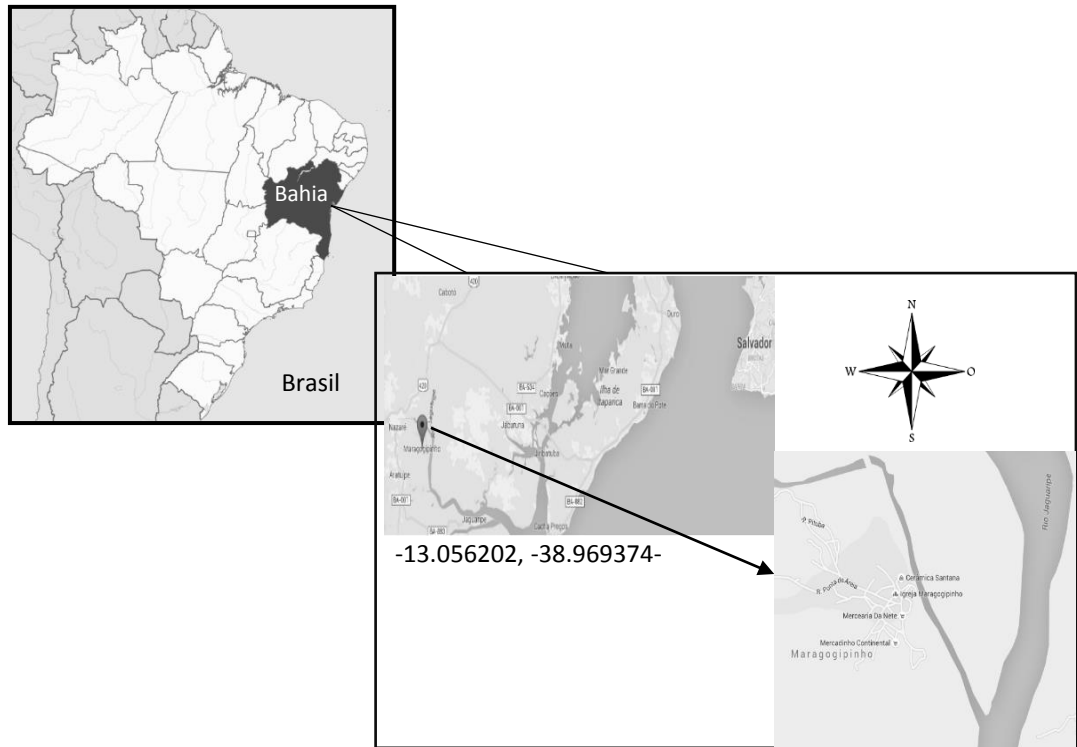
ao Pb pela dieta de 0,6  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso corpóreo/dia em crianças, está associada à diminuição de um ponto no QI (Quociente de Inteligência), e para o adulto, a exposição de 1,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso corpóreo/dia pode induzir a um aumento da pressão sistólica de um mmHg, inferindo que o valor de ingestão semanal provisória tolerável de 25  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso corpóreo/dia previamente estabelecido, já não pode ser considerado como dose segura de referência (WHO, 2011). Nesse contexto, os objetivos desse estudo foram: 1) avaliar os teores de Pb no aratu vermelho *Goniopsis cruentata* captado no estuário do rio Jaguaripe e no alimento derivado desse crustáceo; 2) avaliar o risco de exposição ao Pb na população adulta e infantil residentes da Vila de Maragogipinho decorrente do consumo deste crustáceo.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.2 Área de estudo**

Maragogipinho é um distrito do município Aratuípe localizado no Recôncavo Baiano (Figura 1), cujas coordenadas geográficas são: Latitude -13,056 e Longitude -38,969. Um dos seus limites territoriais é o manguezal às margens do rio Jaguaripe, onde estão erguidas em torno de 200 olarias. É considerado o maior centro cerâmico da América Latina e o mais popular da Bahia (SIPROAR, 2008), onde a maior parte da população vive em torno da produção do artesanato.

**Figura 1.** Mapa esquemático da localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2017).

## 2.2 Material de estudo

Foram coletados aleatoriamente aratus vivos, aratu catado e processado em forma de moqueca, oriundos da região de Maragogipinho nos meses de abril, julho e outubro de 2016. Os aratus vivos foram coletados no manguezal do rio Jaguaripe por pescadores da região. Foram realizadas três campanhas de coleta em cada trimestre de 2016. Em cada campanha um pescador local foi contratado para capturar aproximadamente seis (6) indivíduos nos três pontos de coleta ao longo do rio em uma faixa de 2 km, um em frente à Vila de Maragogipinho, outro a montante e outro a jusante (Figura 2), cujas coordenadas estão descritas. Os crustáceos ainda vivos foram armazenados em caixas térmicas contendo gelo reciclável.

Figura 2. Localização dos pontos de coleta do aratu *in natura*, em destaque, de Maragogipinho, Aratuípe, Bahia.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2017).

Embalagens de 1 kg do tecido muscular pré-cozido, conhecido como catado, foram adquiridos diretamente de produtora artesanal, em cada campanha de coleta. Segundo relato das produtoras é necessário descarnar cerca de 100 indivíduos para obter tal porção de músculo (catado).

Preparações do aratu na forma de moqueca foram também adquiridas de um restaurante local, na forma apresentado aos consumidores, logo após o cozimento, servido em agdás (prato cerâmico). Após esfriar, todo o conteúdo foi transferido para saco de coleta e armazenado em caixa térmica contendo gelo reciclável. No laboratório as amostras foram armazenadas em freezer a uma temperatura de -20°C até o momento do processamento e análise.

### **2.3 Equipamentos e reagentes**

Os principais equipamentos utilizados foram: processador (Modelo RJ7743, Philips®, Barueri, Brasil), estufa (Fanem, Mod. 320-SE, São Paulo, Brasil), balança analítica (Sartorius, CP224S, Gottingen, Alemanha), digestor de micro-ondas (CEM, Mars 6, Matthews, NC, EUA), espectrômetro de absorção atômica (AA GTA-12240, Varian, Inc., Palo Alto, CA, EUA). Para as diluições, usou-se água de alta pureza (Tipo I), obtida em sistema Milli-Q (Merck-Millipore®, Billerica, MA, EUA). Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico espectrométrico. Na mineralização das amostras foram utilizados ácido nítrico concentrado (J.T.Baker®, Phillipsburg, NJ, EUA) e peróxido de hidrogênio (Merck®, Darmstadt, Alemanha). Foi utilizada solução padrão de Pb para absorção atômica (AccuStandard®, Inc., New Haven, CT) para preparação da curva de calibração e dihidrogenofosfato de amônio (Merck®, Darmstadt, Alemanha) como modificador de matriz.

### **2.4 Procedimento analítico**

No laboratório, os aratus *in natura*, abatidos por congelamento, foram lavados com água corrente para remoção dos resíduos de sedimento do mangue e identificados com número de ordem e ponto de coleta. Após a identificação, realizou-se a extração e separação dos tecidos muscular, brânquias e hepatopâncreas. As amostras de 1,0 kg do catado foram quarteadas, homogeneizadas em processador e retiradas três alíquotas de 5,0 g. As amostras de moqueca, após a remoção de temperos como pedaços grandes de tomate, cebola e coentro e excesso de caldo, foram totalmente homogeneizadas em processador e retiradas três alíquotas de 5,0 g. Para obtenção do peso seco e determinação do peso úmido, todas as amostras



foram desidratadas em estufa a 105°C, inicialmente por 4 horas e depois por um tempo necessário até obtenção de peso constante (IAL, 2008). O material desidratado resultante foi moído em um almofariz e obtido um pó homogêneo. A mineralização da amostra foi realizada pelo método de digestão ácida a quente em sistema fechado assistido por micro-ondas em condições de 1500 W de potência por 40 minutos, semelhante ao procedimento descrito por Santos et. al. (2013). Foram pesados em torno de 0,1 a 0,2 g de material desidratado diretamente em frascos de Teflon do forno digestor micro-ondas em uma balança analítica digital. Em seguida, foram adicionados 4 mL de ácido nítrico ultrapuro concentrado e deixados repousar por 15 min. Depois foram acrescidos 2 mL de peróxido de hidrogênio e lacrados. Os tubos foram carregados no forno digestor e o programa do equipamento foi inicializado. Após resfriar, o mineralizado foi transferido volumetricamente para tubos de polipropileno graduado (Corning CentriStar™, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) e avolumado para 10 mL com água ultrapura. As amostras foram analisadas por espectrometria de absorção atômica por forno de grafite, empregando-se curva de calibração de Pb na faixa de 2,0 a 20,0  $\mu\text{g L}^{-1}$ . As leituras das amostras foram feitas em duplicatas. Para fins de comparação com a legislação, as concentrações de metais foram convertidas de peso seco para peso úmido. Toda a vidraria e plásticos utilizados neste trabalho foram descontaminadas em solução a 2% de Extran (Merck®, Darmstadt, Alemanha), seguida de banho em solução de  $\text{HNO}_3$  a 20% por cerca de 12 horas para eliminação de traços metálicos.

## 2.5 Avaliação de risco

O risco químico (não carcinogênico) para a saúde dos residentes de Maragogipinho, em consequência do consumo do aratu, foi estimado através do quociente de risco, QR (Equação 2), que relaciona a estimativa da dose de exposição ao metal por ingestão no alimento ( $\text{DE}_{\text{Ing}}$ ; Equação 1) com a respectiva dose oral de referência ( $\text{DRf}$ ;  $\text{mg kg}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ) (USEPA, 1989).

Equação 1: Estimativa da dose de exposição por ingestão ( $\text{DE}_{\text{Ing}}$ ;  $\text{mg kg}^{-1} \text{dia}^{-1}$ )

$$DE_{ing} = \frac{C_{metal} \times T_{ing} \times t_{exp} \times f_{exp}}{P_c \times tm_{exp}}$$

Onde:

$C_{metal}$  = Concentração do metal no alimento (mg/kg);

$T_{ing}$  = Taxa de ingestão do alimento (kg/ pessoa/dia);

$t_{exp}$  = Tempo de exposição (anos de idade);

$f_{exp}$  = Frequência de exposição (dias/ano);

$P_c$  = Peso corporal médio (kg);

$tm_{exp}$  = Tempo médio de exposição ( $t_{exp} \times 365$  dias). Equação 2: Quociente do risco associado ao consumo de alimentos

$$QR = \frac{DE_{ing}}{DR_f}$$

Onde:

$DR_f$  = Dose oral de referência (mg kg<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>).

Se a estimativa da dose de exposição ao elemento por ingestão de alimentos for superior à dose oral de referência ( $QR > 1$ ), assume-se que poderão ocorrer riscos não carcinogênicos para a saúde da população em estudo, decorrente do consumo do alimento.

Foram entrevistadas 16 mães que responderam ao questionário de frequência alimentar sobre o seu consumo de aratu e dos seus filhos de ambos os sexos, totalizando em 34 dados de consumo. Assim sendo, o risco do consumo do aratu foi estimado para a população infantil e adulta do sexo feminino. Foram realizadas também medições antropométricas, como peso e altura nas crianças.

Para realização dos trabalhos, o projeto teve aprovação do comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal da Bahia com parecer nº 1.726.493. Os entrevistados participaram da pesquisa mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE.

## 2.6 Controle de Qualidade

A verificação da qualidade do método foi conduzida seguindo as exigências dos regulamentos (CE) 657/2002 e 333/2007 da Comunidade Europeia e DOQCGRE-008 do INMETRO (2011). Os parâmetros avaliados foram: linearidade, precisão, exatidão e os Limites de Detecção e Quantificação - LD e LQ. A linearidade foi determinada pelo coeficiente de correlação ( $R^2$ ) usando análise de regressão linear das curvas de calibração. A precisão e exatidão foram avaliadas através da análise de dez replicatas do material de referência certificado ao NIST-Tecido de Ostra (NIST 1566b) – NIST, EUA, sendo que a precisão foi determinada pelo coeficiente de variação (CV%) e a exatidão pelo percentual de recuperação. A determinação do LD e do LQ foi realizada através da análise de oito replicatas de ensaios em branco. O LD foi calculado considerando 3 vezes o desvio padrão da média dos brancos e o LQ sendo 10 vezes o LD.

## 2.7 Análise estatística

Os dados foram expressos como média, desvio padrão, mínimo e máximo. O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para comparar as diferenças entre médias dos níveis de Pb entre tecidos, pontos e data de coleta com intervalo de confiança de 95%. Utilizou-se a versão 23 do software estatístico SPSS.

# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.2 Controle de Qualidade

O resultado do controle de qualidade do método está listado na Tabela 1. O método apresentou uma boa sensibilidade, com LD inferior a um décimo e LQ inferior a um quinto do limite permitido pela legislação para Pb em crustáceos ( $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Da mesma forma, a precisão e a exatidão foram satisfatórias, uma vez que o coeficiente de variação foi inferior a 10% e a recuperação situou-se na faixa de 80 a 110%. O método apresentou excelente linearidade com  $R^2$  superior a 0,995.

Todos os valores atenderam aos critérios de aceitação descritos nos regulamentos (CE) 657/2002 e 333/2007 da Comunidade Europeia.

**Tabela 1.** Características de garantia de qualidade do método analítico.

Parâmetros	Pb (mg kg <sup>-1</sup> )
MRC: Tecido de ostra (NIST 1566b)	
Valor certificado	0,308±0,009
Valor medido	0,316±0,008
Exatidão (%)	102,6
Precisão (% CV)	2,5
LD (mg kg <sup>-1</sup> )	0,012
LQ (mg kg <sup>-1</sup> )	0,03
Linearidade (R <sup>2</sup> )	0,9995

MRC: Material de referência certificado.

### 3.3 Teores de Pb em aratu vermelho *in natura*

O propósito principal deste trabalho foi avaliar a contaminação do aratu utilizado na alimentação. Por outro lado, a determinação de Pb nos tecidos acumuladores (brânquias e hepatopâncreas) teve como objetivo avaliar a migração de Pb desses tecidos para as partes comestíveis (músculo) durante o seu processamento. As concentrações médias de Pb em cada período de coleta nos aratus *in natura* estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Médias e intervalo de concentrações de Pb ( $\text{mg kg}^{-1}$  de peso úmido) nos tecidos do aratu em cada período de coleta.

Período	Tecido	Concentração ( $\text{mg kg}^{-1}$ )			
		Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.
Abril	Músculo	<0,012	–	–	0,03
	Hepatopâncreas	0,07	0,105	<0,012	0,37
	Brânquias	0,52	0,524	0,04	1,82
Julho	Músculo	<0,012	–	–	–
	Hepatopâncreas	0,02	0,0191	<0,012	0,06
	Brânquias	0,03	0,028	<0,012	0,10
Outubro	Músculo	0,017	0,033	<0,012	0,14
	Hepatopâncreas	0,06	0,105	<0,012	0,39
	Brânquias	0,03	0,038	<0,012	0,13

Em abril, os níveis mais elevados foram nas brânquias ( $0,52 \pm 0,524 \text{ mg kg}^{-1}$ ), seguido do hepatopâncreas ( $0,07 \pm 0,105 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e no músculo (<LD). Em julho e outubro, os níveis de Pb foram inferiores aos encontrados em abril, principalmente no tecido branquial, que apresentou concentração média 17 vezes menor. No hepatopâncreas as concentrações permaneceram constantes nos períodos de coleta e somente em outubro foi detectado Pb no músculo, em pequenas concentrações, com valor próximo ao LD do método.

O teor mais elevado de Pb ocorreu no mês de abril, no qual as médias foram estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ ) em relação aos outros meses. Isso pode ser explicado por que o acúmulo de metais traços em organismos aquáticos varia muito, uma vez que depende de fatores intrínsecos, como tamanho, idade e sexo do animal e fatores extrínsecos, como a sazonalidade, pluviosidade, salinidade, temperatura e regime de marés (RAINBOW, 2002).

As altas variações de Pb encontradas em aratus coletados no mesmo período podem ser elucidadas pela não homogeneidade da população de aratus, que foram coletados em diferentes tamanhos, sexo e idade. Desvios padrões igualmente elevados também foram observados por Nędzarek et al. (2017) ao determinarem Pb, em caranguejo coletados em lago na Polônia.

Não foram observadas diferenças estatísticas entre os pontos de coleta. Isso pode ser explicado por que a distribuição de metais no estuário é influenciada por processos hidrodinâmicos, como o ciclo de marés enchente e vazante, o que ocasiona uma circulação e mistura da água e sedimentos por todo o estuário (NOERNBERG et al., 2007; RAINBOW, 2002). Para corroborar estas suposições, níveis de Pb foram medidos no sedimento (lama) nos três pontos e nos três períodos de coleta (dados não apresentados). As médias de Pb variaram entre 10,15 mg kg<sup>-1</sup> e 15,62 mg kg<sup>-1</sup>. Não sendo observadas diferenças significativas entre os pontos e períodos de coleta ( $p > 0,05$ ).

As concentrações médias dos três períodos de coleta, desvios-padrão e intervalo de concentrações de Pb nos tecidos do crustáceo estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Médias e intervalo de concentrações de Pb (mg kg<sup>-1</sup> de peso úmido) dos três períodos de coleta por tecido do crustáceo estudado.

Tecido	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Brânquias	0,17	0,359	<0,012	1,82
Músculo	<0,012	-	-	-
Hepatopâncreas	0,05	0,086	<0,012	0,39

Dos tecidos analisados, as brânquias apresentaram as maiores concentrações ( $0,17 \pm 0,359$  mg kg<sup>-1</sup>) seguidas do hepatopâncreas ( $0,05 \pm 0,086$  mg kg<sup>-1</sup>) e músculo, cuja concentração foi abaixo do LD. As médias foram estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Esse resultado confirma estudos realizados *in vivo* e *in vitro* em tecidos de caranguejos expostos a diferentes concentrações de metais, nos quais foi constatada uma maior bioacumulação nas brânquias (FRANCHI et al., 2011; PAGANINI; BIANCHINI, 2009; SELVI et al., 2012).

Segundo Ahearn; Mandal; Mandal (2004), a principal fonte de contaminação ocorre pelo contato com a água e sedimentos contaminados, através de estruturas permeáveis, como as brânquias. Para Pinheiro et al. (2012) a tendência é que as maiores concentrações ocorram no hepatopâncreas, visto que esse órgão desempenha uma importante função biológica de desintoxicação, sendo o assim o órgão mais afetado.

Resultados semelhantes ao presente estudo foram observados por Batvari et al. (2013), níveis de Pb abaixo do LD no músculo e bioacumulação do metal no hepatopâncreas e brânquias em caranguejos coletados na Índia. Na França, Noël et al. (2011) analisaram Pb em carne branca de crustáceos e encontraram níveis menores que  $0,50 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Julshamn et al. (2015) também evidenciaram baixas concentrações de Pb em carne de caranguejo vermelho na Noruega. Pinheiro et al. (2012) determinaram metais pesados em caranguejos da espécie *Ucides cordatus* coletados em Cubatão (São Paulo, Brasil) e não detectaram Pb no crustáceo ( $<0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

### 3.4 Teores de Pb no aratu processado (catado e moqueca)

A maior parte dos estudos que analisam elementos tóxicos nos crustáceos, normalmente avaliam os tecidos crus ou *in natura* (músculo), mesmo que, quase exclusivamente, sejam consumidos cozidos. A Tabela 4 apresenta as médias mensais e intervalo de concentrações do Pb no aratu processado.

**Tabela 4.** Níveis de Pb ( $\text{mg kg}^{-1}$  de peso úmido) no músculo do aratu *in natura* e processado.

Período	Processamento	Concentração ( $\text{mg kg}^{-1}$ )			
		Média	DP	Mín.	Máx.
Abril	<i>In natura</i>	<0,012	–	–	–
	Catado	0,05	0,008	0,03	0,06
	Moqueca	2,84	0,220	2,41	3,13
Julho	<i>In natura</i>	<0,012	–	–	–
	Catado	<0,012	–	–	–
	Moqueca	0,24	0,011	0,23	0,25
Outubro	<i>In natura</i>	0,017	0,033	<0,012	0,14
	Catado	<0,012	–	–	–
	Moqueca	<0,012	–	–	–

No mês de abril, observou-se um aumento de Pb de  $<0,012 \text{ mg kg}^{-1}$  no músculo do aratu *in natura*, passando a  $0,05 (\pm 0,008) \text{ mg kg}^{-1}$  no aratu catado. Considerando que os níveis de Pb no músculo *in natura* estavam abaixo do LD e que os níveis de Pb no produto catado atingiu uma concentração de  $0,06 \text{ mg kg}^{-1}$ , conjectura-se que o teor de Pb nos órgãos acumulativos, foram solubilizados na água fervente migrando para o tecido muscular durante o cozimento. Esse resultado concorda com os altos níveis de Pb encontrados nas brânquias dos aratus *in natura* coletados no mesmo período (Tabela 2). Por outro lado, os níveis de Pb no catado coletados em julho e outubro foram abaixo do LD, e da mesma forma, corrobora com os baixos níveis de Pb encontrados nas brânquias dos aratus *in natura* captados nesses meses (Tabela 2).

O teor de Pb varia substancialmente entre os diferentes tecidos dos crustáceos, com concentrações mais elevadas nas brânquias e hepatopâncreas e embora estes tecidos estejam localizados em partes diferentes no organismo dos crustáceos, a barreira física é limitada (WIECH et al., 2017). Assim, existe um risco da carne comestível (músculo) ser contaminada durante o processo de cozimento, acarretando em um aumento da ingestão de Pb. Estudos recentes têm evidenciado que o processo de cozinhar os crustáceos inteiros leva a uma transferência de metais de tecidos bioacumuladores para o músculo (WIECH et al., 2017). Perugini et al. (2015) também relataram influência do cozimento nas concentrações de metais em crustáceos. Um aumento significativo ( $p < 0,01$ ) nos teores de Pb foi observado em porções cozidas de lagosta comparadas com as porções brutas correspondentes.

Em relação à moqueca, o teor de Pb em abril foi 57 vezes mais elevado quando comparado com o nível médio de Pb no aratu catado. Em julho, passou de não detectado no catado a  $0,24 (\pm 0,011) \text{ mg kg}^{-1}$  na moqueca. Este resultado sugere que há uma elevada taxa de lixiviação de Pb da cerâmica vitrificada usada para cozinhar e/ou servir a moqueca de aratu, sobretudo pelo uso de alimentos ácidos como limão, vinagre e molho de tomate no seu preparo.

Poucos estudos no Brasil avaliaram a contaminação dos alimentos por meio do uso dessas cerâmicas. Chagas (2015) avaliou tal contaminação em moqueca de peixe cozido nas panelas vitrificadas da mesma região deste estudo em três tempos diferentes (logo após o cozimento, 6 e 24h após o cozimento) e encontrou elevados



níveis de Pb nas amostras, que variaram de 6,56 a 25,0 mg kg<sup>-1</sup>, proporcionais ao seu tempo de armazenamento. No México, autores demonstraram que alimentos ácidos, como suco de limão, lixiviavam 200 µg L<sup>-1</sup> de Pb e que a exposição à limonada contaminada resultou em 2,5 µg dL<sup>-1</sup> de Pb no sangue das ratas grávidas (DIAZ-RUIZ et al., 2016).

Em outubro, o teor de Pb na moqueca foi abaixo do limite de detecção do método. Esse resultado pode ter sido influenciado pela forma como é preparada a moqueca, os utensílios utilizados, o emprego ou não de peças vitrificadas com Pb para o preparo e cozimento, bem como o tempo de permanência nas mesmas. Acredita-se a moqueca coletada neste mês não foi cozida e/ou servida na panela assim vitrificada, uma vez que a população já estava sensibilizada e ciente dos riscos da utilização de utensílios vitrificadas com Pb para a saúde humana.

### 3.5 Qualidade para o consumo

Os resultados mostram a bioacumulação de Pb no hepatopâncreas e brânquias do aratu. No entanto, o tecido do *G. Cruentata* utilizado para a alimentação de seres humanos é a carne ou tecido muscular, dessa forma, somente os valores obtidos para este tecido podem ser comparados com os limites estabelecidos da legislação pertinente. Para avaliar a qualidade e a contaminação do aratu quanto a sua ingestão, a legislação europeia e brasileira estabeleceram um limite de 0,50 mg kg<sup>-1</sup> de Pb em crustáceos (BRASIL, 2013; COMISSÃO EUROPEIA, 2006).

Todas amostras do músculo do aratu *in natura* e do catado apresentaram concentração de Pb baixas quando comparadas aos limites máximos permitidos pela legislação (Tabela 2 e 4), consideradas próprias para o consumo. Por outro lado, a moqueca coletada na primeira avaliação, em abril, apresentou teor de Pb consideravelmente elevado (2,84±0,220 mg kg<sup>-1</sup>), cerca de seis vezes superior ao limite estabelecido, estando assim imprópria para o consumo. Já na segunda e terceira etapas de avaliação (julho e outubro), nenhuma amostra de moqueca apresentou teor de Pb acima do limite permitido.

### 3.6 Avaliação de risco do consumo de aratu processado (moqueca)

De forma a avaliar o possível risco do consumo de aratu, em virtude de uma possível exposição elevada ao Pb, para a saúde pública, foi calculado o quociente de risco (QR) através da relação entre a estimativa da dose de exposição ao Pb ( $DE_{ing}$ ) e a respectiva dose oral de referência. Como a dose de referência para Pb decorrente da ingestão é inexistente (ATRS, 2007; WHO, 2011), utilizou-se um valor de 0,0006 mg/kg/dia para crianças e 0,0013 mg/kg/dia para adultos, que corresponde à diminuição em um ponto do QI em crianças e a um aumento da pressão sistólica de um mmHg em adultos, respectivamente (WHO, 2011).

De acordo com o questionário de Frequência Alimentar, observou-se que das crianças avaliadas, 33% não consumiam aratu, 6% consumiam mensalmente, 28% uma vez/semana, 33% duas vezes/semana, com frequência média de consumo de 78 dias/ano. Para as mulheres adultas, 12% não consumiam, 13% consumiam mensalmente, 19% uma vez/semana e 56% duas vezes/semana, com frequência média de consumo de 70 dias/ano. As taxas médias de consumo de aratu por crianças e mulheres foram de 4,3 g/dia e 21,0 g/dia, respectivamente. A Tabela 5 apresenta um resumo dos valores utilizados para a análise da exposição da população ao contaminante de interesse.

**Tabela 5.** Estatística (Média, mínima e máxima) das variáveis de estimação das doses de exposição ao Pb por consumo de aratu em moqueca.

Parâmetros	Crianças	Mulheres
Peso corporal (kg)	25 (16 a 43)	55*
Taxa de ingestão (kg/dia)	0,0043 ( $2 \times 10^{-3}$ a 0,021)	0,021 ( $1 \times 10^{-4}$ a 0,036)
Frequência de exposição (dias/ano)	78 (52 a 104)	70 (12 a 104)
Tempo de exposição (Idade)	7 (6 a 11)	40 (30 a 52)

\*Peso estimado

O QR estimado para Pb associado ao consumo de aratu foi inferior à unidade em todas amostras avaliadas, representando um risco negligenciável (Tabela 6). Resultados semelhantes ao presente estudo foram encontrados por Araújo et al. (2016), os quais utilizando a ferramenta QR reportaram riscos insignificantes para o Pb associado ao consumo de siri azul (*Calinectes sapidus*) catado coletado em Simões Filho, Bahia, e concluíram ainda que grupo dos crustáceos foi o que apresentou os menores riscos ao consumo. Diferente deste estudo, o Centro de Recursos Ambientais órgão ambiental do Estado da Bahia, atual INEMA, encontraram um QR para Pb associado ao consumo de moluscos e crustáceos de 1,4; indicando risco baixo para o consumo dessas espécies (CRA, 2005).

Em outros países, Ahmed et al. (2015) não encontraram riscos à saúde para o Pb pelo consumo de camarões (*Macrobrachium rosenbergi*) coletados no rio Buriganga, Bangladesh. Da mesma forma, Storelli (2008) também indicou ausência de riscos ao mesmo contaminante por meio do consumo de crustáceos (*Aristeus antennatus*, *Parapeneus longirostris* e *Plesionika martia*) coletados no mar Adriático, Itália.

Usando o teor de Pb da moqueca coletada em abril, como esperado, o QR foi mais elevado, ainda que inferior à unidade (0,31 e 0,15) para crianças e adultos respectivamente, significando um acréscimo do risco quando o aratu é cozido em panelas vitrificadas com Pb. Entretanto, como a quantidade e frequência de consumo deste alimento pelo público avaliado é relativamente baixa, a sua ingestão não representa perigo para saúde da população.

Avaliando o QR individual, apenas uma pessoa apresentou  $QR > 1$  (1,61). Esse risco foi estimado para uma criança de seis anos, filha de marisqueira, que relatou um consumo médio de 21 g/dia, cerca de cinco vezes superior à média infantil avaliada (4,3 g/dia). Esse resultado indica que, se o aratu for preparado de forma tradicional, em panelas vitrificadas com Pb, essa ingestão e frequência de consumo podem trazer riscos não carcinogênico a saúde desta criança, como possíveis desfechos na função intelectual.

**Tabela 6.** Quociente de risco não carcinogênico para o consumo de aratu em moqueca (Média e amplitude).

Período de coleta	QR*	
	Crianças	Mulheres
Abril	0,31 (0,06 a 1,61)	0,15 ( $1 \times 10^{-3}$ a 0,32)
Julho	0,02 ( $5 \times 10^{-3}$ a 0,13)	0,01 ( $1 \times 10^{-4}$ a 0,03)
Outubro	0	0

\* QR: Quociente de risco

#### 4 CONCLUSÕES

Os níveis de Pb observados nas partes comestíveis do aratu *in natura* e no aratu catado ficaram abaixo dos limites estabelecidos pelas diretrizes brasileiras e internacionais. Para o aratu na forma de moqueca, por outro lado, os níveis estavam elevados possivelmente devido à migração deste metal dos utensílios vitrificados para o alimento. No entanto, o QR decorrente da sua ingestão, foi inferior à unidade, sobretudo pelo baixo consumo por crianças e mulheres da região, não representando riscos toxicológicos.

Dessa forma, quanto à ingestão, os aratus do estuário de Maragogipinho não apresentaram concentrações elevadas de Pb e pode ser considerado um alimento seguro. Entretanto, podem servir como bioindicador da contaminação do ambiente devido aos níveis detectados principalmente nas brânquias. Recomendamos estudos com outros alimentos provenientes da região para avaliar a dose mais próxima da realidade de ingestão de Pb pela população.

#### Conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

## Agradecimentos

À Universidade Federal da Bahia (UFBA), ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (PGALI), aos gestores públicos do Município de Aratuípe, e aos voluntários do estudo, a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e aos colegas do Laboratório de Toxicologia (LABTOX-UFBA).

## 5 REFERÊNCIAS

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). 2007. **Toxicological Profile for lead (Update)**. Atlanta, GA: U.S. Department of Public Health and Human Services, Public Health Service.

AHEARN, G. A.; MANDAL, P. K.; MANDAL, A. Mechanisms of heavy-metal sequestration and detoxification in crustaceans: A review. **Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology**, v. 174, n. 6, p. 439–452, 2004.

AHMED, M. K. et al. Human health risk assessment of heavy metals in tropical fish and shellfish collected from the river Buriganga, Bangladesh. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 20, p. 15880–15890, 2015.

ALLEGRETTI, Lopes C. A. **Qualidade, Produtividade e Meio Ambiente: Uma proposta ao desenvolvimento de um revestimento cerâmico livre de chumbo**. Dissertação (Mestrado) – UFSM, Santa Maria, 20-4, 2004.

ALVES, J. R. P. **Manguezais: educar para proteger**. Rio de Janeiro: FEMAR: SEMADS. 96 p. 2001.

ARAÚJO, C. F. S. et al. Cadmium and lead in seafood from the Aratu Bay, Brazil and the human health risk assessment. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 188, n. 4, p. 259, 2016.

BATVARI, B. et al. Heavy metals accumulation in crab and shrimps from Pulicat lake, north Chennai coastal region, southeast coast of India. **Toxicology and Industrial Health**, v. 32, n. 1, p. 1–6, 2013.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. 2013. **Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos**. RDC 42, 29/08/2013.

CAPITANI, E. M.; PAOLIELLO, M. M. B.; COSTA DE ALMEIDA, G. R. Fontes de exposição humana ao chumbo no Brasil. Lead exposure in an urban community: Investigation of risk factors and assessment of the impact of lead abatement measures. **Environmental Research**, v. 103, n. 3, p. 338–344, 2007.

CHAGAS, Manuel P. **Avaliação da migração de metais de panela de barro de diferentes origens no preparo de alimentos**. Tese [doutorado em química]. Salvador (BA). Universidade Federal da Bahia, 2005.

COBO, V. J.; FRANSOZO, A. External factors determining breeding season in the red mangrove crab *Goniopsis cruentata* (Latreille) (Crustacea, Brachyura, Grapsidae) on the São Paulo State northern coast, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 2, p. 213–217, 2003.

COMISSÃO EUROPEIA (CE). 2002. Decisão da comissão 657/2002: **Dá execução ao disposto na Diretiva 96/23/CE do Conselho relativo ao desempenho de métodos analíticos e à interpretação de resultados**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 221/8.

COMISSÃO EUROPEIA. 2006. Regulamento da Comissão (CE) n° 1881/2006: **Fixa os teores máximos de certos contaminantes presentes nos gêneros alimentícios**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 364: 5-24.

COMISSÃO EUROPEIA. 2007. regulamento da Comissão (CE) n° 333/2007: **Estabelece métodos de amostragem e de análise para o controle oficial dos teores de chumbo, cádmio, mercúrio e estanho na forma inorgânica**. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 88: 29-37. .

COSTA, R. G. et al. Lead and cadmium in mangrove root crab (*Goniopsis cruentata*), *in natura* and at food processing stages. **Food Additives & Contaminants: Part B** DOI: 10.1080/19393210.2017.1322638, 2017.

CRA. **Análise preliminar de risco à saúde humana**. Relatório síntese. Consórcio BTS Hydros CH2MHILL. Governo do Estado da Bahia. 43p, 2005.

DIAZ-RUIZ, A. et al. Glazed clay pottery and lead exposure in Mexico: Current experimental evidence. **Nutritional Neuroscience**, v. 8305, n. June, p. 1–6, 2016.

FOOD SAFETY AUTHORITY OF IRELAND (FSAI). Mercury, Lead, Cadmium, Tin and Arsenic in Food. **Toxicology Factsheet Series**, p. 1–13, 2009.

FRANCHI, M. et al. Bioconcentration of Cd and Pb by the river crab *trichodactylus fluviatilis* (crustacea: Decapoda). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 22, n. 2, p. 230–238, 2011.

HASSAN, A. R. H. A. et al. Heavy Metal Dietary Intake and Potential Health Risks for University Hostel Students. **Biological Trace Element Research**, v. 170, n. 1, p. 65–74, 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: IAL, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO); **Orientações sobre Validação de Métodos de Ensaio Químicos**, DOQ-CGCRE-008, 2011.

JACOB, B. et al. The effect of low-level blood lead on hematologic parameters in children. **Environmental research**, v. 82, n. 2, p. 150–159, 2000.

JAISHANKAR, M. et al. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. **Interdisciplinary Toxicology**, v. 7, n. 2, p. 60–72, 2014.

JARDIM, A. N. O.; CALDAS, E. D. Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1898–1909, 2009.

JULSHAMN, K. et al. Heavy metals and POPs in red king crab from the Barents Sea. **Food Chemistry**, v. 167, p. 409–417, 2015.

LIMA, M.V et al. Lead handmade glazed food wares ceramic. **Revista Brasileira de Toxicologia**, v.15, p 19–23, 2002.

LIRA, G. M. et al. Nutritional value of crustaceans from Lagoone-Estuary Complex Mundaú / Valor nutritivo de crustáceos do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú /. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v. 66, n. 3, p. 261–267, 2007.

LUO, W. et al. Effects of chronic lead exposure on functions of nervous system in Chinese children and developmental rats. **NeuroToxicology**, v. 33, n. 4, p. 862–871, 2012.

NEĐZAREK, A. et al. The distribution of elements in the body of invasive Chinese mitten crabs ( *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards, 1853) from Lake Dąbie, Poland. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 60, p. 1–9, 2017.

NOËL, L. et al. Contamination levels of lead, cadmium and mercury in imported and domestic lobsters and large crab species consumed in France: Differences between white and brown meat. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 3, p. 368–375, 2011.

NOERNBERG, M.; MARONE, E.; ANGULO, R. Coastal currents and sediment transport in Paranaguá estuary complex navigation channel. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 60, p. 45–54, 2007.

PAGANINI, C. L.; BIANCHINI, A. Copper accumulation and toxicity in isolated cells from gills and hepatopancreas of the blue crab (*Callinectes sapidus*). **Environmental toxicology and chemistry**, v. 28, n. 6, p. 1200–1205, 2009.

PERUGINI, M. et al. Lead, cadmium and chromium in raw and boiled portions of Norway lobster. **Food Additives & Contaminants : Part B : Surveillance**, v.7, n.4, p. 267-272, 2014

PINHEIRO, M. A. A. et al. Accumulation of six metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucididae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiosperma: Rhizophoraceae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 81, p. 114–121, 2012.

RAINBOW, P. Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what? **Environmental Pollution**, v. 120, n. 3, p. 497–507, 2002.

ROMIEU, I. et al. Sources of lead exposure in Mexico City. **Environmental Health Perspectives**, v. 102, n. 4, p. 384–389, 1994.

RUÍZ-SANDOVAL G. Envenenamiento lento por plomo en los habitantes de Oaxaca. **Gac Méd Méx Periódico La Acad Med México**. 13:393–403, 1878.

SANTOS, L. F. P. et al. Assessment of cadmium and lead in commercially important seafood from São Francisco do Conde, Bahia, Brazil. **Food Control**, v. 33, n. 1, p. 193–199, 2013.

SELVI, K.; MEHMET, A.; HASAN, K.; ARINÇ, T. Lead Bioaccumulation in Gill, Muscle and Hepatopancreas Tissues of Mediterranean Green Crab, *Carcinus aestuarii* (Nardo, 1847). **Mar. Sci. Tech**, v.1, p.11-14, 2012

SIPROAR (Sistema de Proteção ao Artesanato). **Maragogipinho/BA**. Disponível em: <<http://siproarandreasalesdesigner.blogspot.com.br/p/comunidade-de-maragogipinhoba.html>> Acesso em maio de 2017.

STORELLI, M. M. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 8, p. 2782–2788, 2008.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. Assessing human health risks from chemically contaminated, fish and shellfish: a guidance manual. Washington, DC: **US EPA Office of Marine and Estuarine Protection**, p 74, 1989

VIRGA, R.; GERALDO, L.; SANTOS, F. Assessment of heavy metal contamination in blue crab specimens. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 779–785, 2007.



WIECH, M. et al. Effects of cooking and freezing practices on the distribution of cadmium in different tissues of the brown crab (*Cancer pagurus*). **Food Control**, v. 75, p. 14–20, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Childhood lead poisoning**. Geneva, Switzerland. World Health Organization, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Evaluation of certain food additive and contaminants**. Technical Report Series. (960):1-226, 2011.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A determinação de metais pesados em crustáceos permite avaliar a contaminação em dois níveis: A nível de consumo, considerando o crustáceo como alimento, importante fonte proteica. E a nível ambiental, considerando-o como biomonitor, devido sua capacidade de acumular contaminantes. Esse estudo mostrou que a nível de consumo, o aratu da região pode ser considerado um alimento seguro. Por outro lado, indica que o ecossistema do estuário do Rio Jaguaripe está sendo contaminado por Pb. Assim, um monitoramento periódico se faz necessário, não somente nos animais que ali vivem, mas também em outros compartimentos ambientais, como solo, água e vegetação.

Os níveis de Cd em todas as amostras estavam abaixo do limite de detecção do método empregado. Diferente dos dados reportados por Araújo et al. (2016) que detectou este metal em moluscos e crustáceos na Bahia de Aratu. Apesar do Cd ocorrer em minérios de Pb, a contaminação em Maragogipinho ocorre por fundição secundária do Pb, oriundo de bateria de veículos automotores. Diferente do que tem ocorrido em Santo Amaro, Bahia, onde a contaminação se deu pela fundição primária do minério provindo de Boquira. Assim, a contaminação por cádmio não deve ser um problema na região de Maragogipinho, como evidenciado por nossos resultados.

Nesse estudo foi observado também que o consumo do aratu não representa risco para a população de Maragogipinho, desde que seja evitado o uso de utensílios vitrificados com óxido de chumbo. Dessa forma, esses resultados poderão contribuir para a conscientização dos ceramistas, justificando a sua eliminação ou substituição por outro elemento não tóxico no processo de vitrificação. Além de agregar valor ao artesanato local e uma melhor visibilidade de mercado contribuir para o processo de obtenção do selo de indicação geográfica.

## APÊNDICE 1- ARTIGO PUBLICADO


FOOD ADDITIVES & CONTAMINANTS: PART B, 2017  
<https://doi.org/10.1080/19393210.2017.1322638>



### ARTICLE



## Lead and cadmium in mangrove root crab (*Goniopsis cruentata*), *in natura* and at food processing stages

Renata G. Costa<sup>a</sup>, Homegnon A. F. Bah<sup>b</sup>, Matheus J. Bandeira<sup>b</sup>, Sérgio S. P. Oliveira<sup>b</sup> and José A. Menezes-Filho <sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Graduate Programme in Food Science, College of Pharmacy, Federal University of Bahia, Salvador, Brazil; <sup>b</sup>Laboratory of Toxicology, College of Pharmacy, Federal University of Bahia, Salvador, Brazil

### ABSTRACT

Lead (Pb) and cadmium (Cd) were determined in mangrove root crab (*Goniopsis cruentata*) tissues (*in natura*) and in two culinary preparations by graphite furnace atomic absorption spectrometry. Mangrove root crab samples from three sampling sites along the Jaguaripe River, Bahia, Brazil, where lead-glazed ceramics are produced, and from two commercial preparations were collected or purchased in March and April 2016. Cd levels in raw and processed samples were below the methods' limits of detection (0.016 mg kg<sup>-1</sup>), while Pb levels in the raw tissues were determined only in the gills (0.67 mg kg<sup>-1</sup>) and in the hepatopancreas (0.14 mg kg<sup>-1</sup>). However, Pb levels increased from 0.05 to 2.84 mg kg<sup>-1</sup> in boiled/sorted muscle and in the traditional stew (with a 57-fold increase), respectively. Pb levels augmented significantly in the processed food due to migration of Pb used in the glazing of cooking ceramic utensils, surpassing the Brazilian and international safety limits.

### ARTICLE HISTORY

Received 14 December 2016  
 Accepted 17 April 2017

### KEYWORDS

Lead; cadmium; glazed pottery; mangrove root crab; food contamination

### Introduction

Almost all metals are involved in closed cycles in nature, at concentrations harmless to the living organisms, moving between environmental compartments at various speeds and extensions (Markert 1998). However, one of the most critical aspects of chemical input in these compartments is their bioaccumulation possibility in the existing food chain in aquatic and terrestrial environments, especially for heavy metals (Virga et al. 2007). The primary source of exposure to inorganic contaminants for human from the environment is through consumption of contaminated food containing toxic elements such as lead (Pb) and cadmium (Cd) (Morgano et al. 2011).

The long-term exposure to Pb affects all body systems and the proposed toxicity mechanisms involve fundamental biochemical processes, including ability of lead to inhibit or mimic the action of calcium and interact with proteins (Moreira & Moreira 2004). Children are more vulnerable to lead poisoning, which even at levels below 5 µg/dL impacts their development and cognitive function (Luo et al. 2012). Cd is a major toxic agent classified as human carcinogen, associated with environmental pollution whose prolonged exposure may affect primarily the kidneys, resulting in the loss of capacity of reabsorption of all sorts of

nutrients, like low-molecular proteins, glucose, vitamins, and minerals (Satarug et al. 2009).

Human exposure to Pb resulting from its use in ceramic glazing processes has been reported for years. As a matter of fact, Ruiz-Sandoval (1878) described classical Pb poisoning syndrome in patients and identified the use of this kind of utensils as a contamination source. In the district of Aratuípe (Bahia, Brazil), a community of about 3500 inhabitants in the village named "Maragogipinho" is nationally recognised for its handicraft and ceramic production (the miniatures known as "caxixi"). In this village, which is located in the estuary of Jaguaripe River, there are about 200 pottery-making facilities. Pb obtained from junk yard that recycles car batteries is used to produce on sight lead oxide in open air fire pit. A mixture of lead oxide and mud is applied onto the surfaces of the utensils and then burnt again in a non-controlled firewood oven for hours to finalise the glazing process.

Studies have shown tremendous Pb migration to food prepared in such items, mainly due to the high cooking temperature and acid pH of the sauces (Dong et al. 2014; Chagas 2015). In the lead-glazing process, an average of 166 kg of lead per year is estimated to be released into the environment (Lima et al. 2002).

The wastes from lead oxide production and glazing, along with the scraps of broken ceramics that are disposed

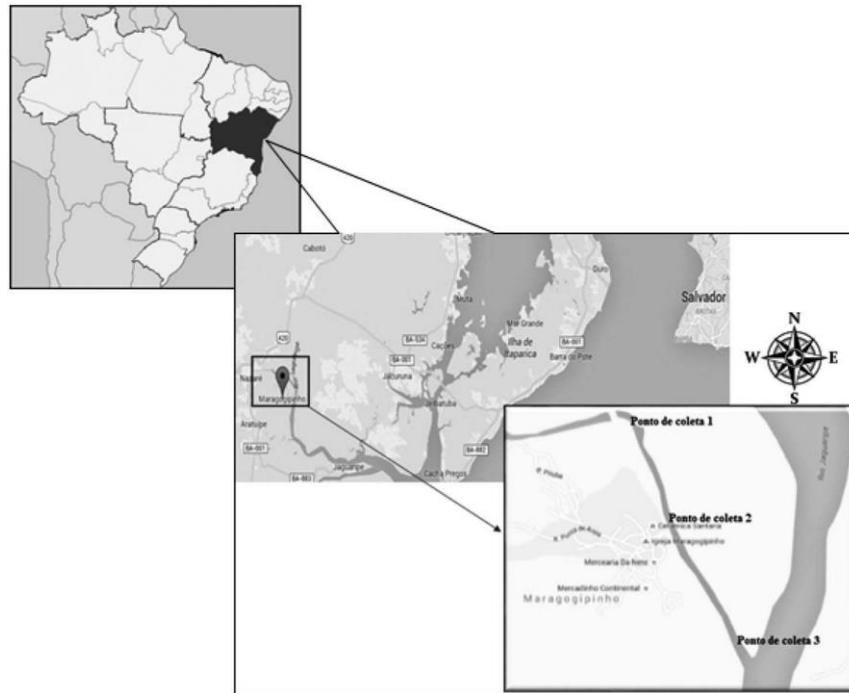


Figure 1. Collection sites in the Jaguaripe River, Bahia, Brazil.

directly on the river banks, contaminate the ecosystem of this estuary, a mangrove area which is an important cradle of numerous species of commercial value. One of the main shellfish in the region, the mangrove root crab *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803), is a source of protein and income for the population and can be used as a quality biomarker for tropical estuaries (Davanso et al. 2013). The boiled/sorted muscle tissues packed in 1-kg plastic bags, called “sorted,” are sold for restaurants and markets in the Bahian Recôncavo region. For the consumer, this bag is used to prepare the traditional Bahian cuisine stew (with coconut milk and palm oil).

Investigation of the food safety of the products to be consumed is important to protect the population. The aims of this study were: (1) to investigate the extent of the ceramic lead glazing impact on this crustacean protein source and (2) to evaluate if the food processing could contribute to the Pb and Cd levels in the commercialised mangrove root crab (*G. cruentata*) products from the estuary of Jaguaripe River, Bahia, Brazil.

## Materials and methods

### Sampling

Samples of the crustacean were analysed in three ways: (1) using raw tissues of the captured alive mangrove

root crab (muscle tissue, gills, and hepatopancreas); (2) using boiled/sorted muscles (1-kg pack); and (3) using muscles cooked in the traditional stew form. The samples were collected in March and April 2016. Nineteen mangrove root crabs were captured at three sites along the Jaguaripe River (in a range of 2 km): the first just across the pier at Maragogipinho village, and the other two sites were 1 km upstream and 1 km downstream from the village (Figure 1). The crustaceans were stored in coolers containing recyclable ice. A 1.0-kg pack of the mangrove root crab muscle tissue was purchased directly from an artisanal producer, as presented for commercialisation. It is estimated that about 80–100 crabs are required to obtain such a portion of sorted tissue, depending on the size of the animal. The traditional stew was purchased from a local restaurant, as presented to consumers in glazed ceramic pot. After cooling to ambient temperature, all content was transferred into a collection bag and stored in an insulated (cool) box, containing recyclable ice. The collected samples were stored in a freezer at  $-20^{\circ}\text{C}$  until processing and analysis.

### Equipment and reagents

Main equipment used were oven (FANEM, Mod. 320-SE, Sao Paulo, Brazil), analytical balance (Sartorius, CP224S,

Gottingen, Germany), blender (Model RJ7743, Philips®, Barueri, Brazil), microwave oven digester (CEM, Mars 6, Matthews, NC, USA), and a graphite furnace atomic absorption spectrometer (AA GTA-120, Varian, Inc., Palo Alto, CA, USA). All reagents used were of spectro-metric analytical grade. For dilutions ultrapure water (Type I) obtained from Milli-Q® system (Merck-Millipore, Billerica, MA, USA) was used. For metal analysis, standard solutions for atomic absorption (AccuStandard, Inc., New Haven, CT, USA) and ammonium dihydrogen phosphate (Merck®, Darmstadt, Germany) as a matrix modifier were used.

### Analytical procedure

The frozen crabs were brought to room temperature and washed under running tap water; afterwards samples were identified according to the collection site before extraction and separation of muscle, gill, and hepatopancreas tissues. The commercial boiled/sorted muscle was homogenised, and three aliquots of 5.0 g each were weighed. The muscles in the traditional stew sample, after removal of condiment macro pieces, like tomatoes, onions, coriander, so on, were homogenised in a blender. The samples were dried in the oven at 105°C for 4 h until constant weight. The moisture loss of each sample was recorded. The dried samples were crushed in a mortar to obtain a homogeneous powder. The sample acid mineralisation was carried out by microwave-oven-assisted digestion (1030–1800 W; 40 min; 200°C). Four millilitres of concentrated ultrapure nitric acid were added to the dried material directly weighed into the Teflon flasks (0.1–0.2 g). After 15 min at room temperature, 2 mL of hydrogen peroxide (Merck®, Darmstadt, Germany) were added to this mixture, and vessels were submitted to the microwave oven programme. The digested samples were brought to 10 mL with ultrapure water in graduated polypropylene tubes (Corning® CentriStar™, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). The mineralised samples were analysed by graphite furnace atomic absorption spectrometry, using calibration curves in the range 0–20 µg L<sup>-1</sup> for Pb and 0–4.0 µg L<sup>-1</sup> for Cd. All glassware and plastics used were decontaminated in a 2% Extran® (Merck, Darmstadt, Germany) solution, followed by 20% HNO<sub>3</sub> (J.T. Baker®, Phillipsburg, NJ, USA) overnight soaking and thorough rinsing with ultrapure water.

### Analytical quality assurance

The parameters evaluated were precision (through repeatability), accuracy (through recovery), and limits of detection and quantification – LOD and LOQ, respectively. To assess the accuracy and precision, 10 replicates of certified

reference material (CRM) Oyster tissue NIST® 1566b (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA) were analysed. LOD and LOQ were calculated based on the standard deviation (SD) of eight replicates of reagent blank tests. The LOD was calculated as the mean of the reagent blanks plus three times the SD, and the LOQ was the mean of the reagent blanks plus 10 times the SD. All replicates were analysed by the same analyst in a short period and using the same equipment. The Laboratory of Toxicology (Federal University of Bahia) is a participant in the Interlaboratory Proficiency Program of the Adolfo Lutz Foundation (São Paulo, Brazil) for lead and cadmium determinations in biological specimens, with z-scores of –0.1 and –1.0 for Pb and Cd, respectively, from the last rounds (IAL 2016a,b).

Final results were expressed in wet weight (w/w), after incorporating the samples' average moisture loss in the metal concentrations obtained for each dry sample. Data are expressed as means, SD, minimum, and maximum. The independent sample Student's *t*-test was used to compare the means of Pb levels between the organs and between culinary treatments. SPSS statistical software version 23 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used. Significance level *p* < 0.05 was applied.

### Results and discussion

The quality assurance parameters of the analytical methods used in this study are listed in Table 1. The sensibility parameters LOD and LOQ for Pb are 0.012 and 0.034 mg kg<sup>-1</sup>, and for Cd are 0.016 and 0.044 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. They are adequate for measuring such elements in the range allowed by the legislative limit of 0.50 mg kg<sup>-1</sup> for Pb and Cd in crustaceans (Brazil 2013; European Commission 2006), whereas the accuracy observed here satisfied the European Community standards (80–110%) and precision was less than 10.7% (European Commission 2002).

The average concentrations and SDs of Pb and Cd in the raw crab tissues are presented in Table 2. Mean Pb concentration in raw muscle tissue was below LOD (<0.012 mg kg<sup>-1</sup>). However, mean lead levels in the non-edible tissues varied from 0.07 (± 0.119) to 0.67 (± 0.630) mg kg<sup>-1</sup> in the hepatopancreas and gills,

**Table 1.** Quality assurance characteristics, including CRM (Oyster tissue, NIST 1566b) data comparison.

Parameter/metal	Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	Cd (mg kg <sup>-1</sup> )
Certified values ± SD	0.308 ± 0.009	2.48 ± 0.08
Measured values ± SD	0.316 ± 0.008	2.36 ± 0.09
RSDr (%)	2.5	3.8
Recovery (%)	101.6	95.2
LOD (mg kg <sup>-1</sup> )	0.012	0.016
LOQ (mg kg <sup>-1</sup> )	0.034	0.044

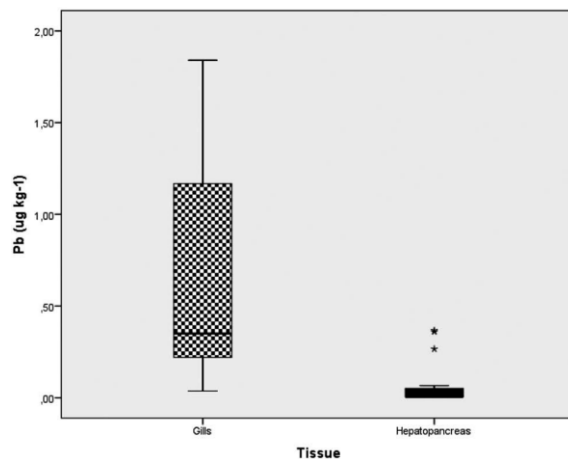
**Table 2.** Lead and cadmium levels ( $\text{mg kg}^{-1}$  w/w) in mangrove root crab raw tissues.

Tissue Metals	Gill		Muscle		Hepatopancreas	
	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd
Mean	0.67*	<0.016	<0.012	<0.016	0.07	<0.016
SD	0.630	-	-	-	0.119	-
Minimum	0.04	<0.016	<0.012	<0.016	<0.012	<0.016
Maximum	1.84	<0.016	<0.012	<0.016	0.37	<0.016

SD: standard deviation

\* $p < 0.001$  (Student's *t*-test)

respectively, which are significantly different ( $p < 0.001$ ). The data distribution is depicted as a box plot in Figure 2. The higher levels in gills could be explained by the fact that this organ is in direct contact with the suspended particles in the water column and is more susceptible to concentrate contaminated particles (Henry et al. 2012). Hepatopancreas is the crustacean liver and gills are the lungs. Thus, these organs have been used to demonstrate how environmental contaminants like metals compounds bioaccumulate before being excreted (Ahearn et al. 2004). For instance, Paganini and Bianchini (2009) showed that in cells isolated from hepatopancreas and gills of the blue crab (*Callinectes sapidus*), after 6 h of exposure, copper content in gill cells was 6.6-fold higher than that in hepatopancreatic cells. These results are in accordance with the study by Franchi et al. (2011) who detected Pb only in gills of river crabs *Trichodactylus fluviatilis* when evaluating the bioconcentration of Cd and Pb in an experimental study. Differently from our study that found no Cd contamination, Pinheiro et al. (2012) measured heavy metals in crabs of the species *Ucides cordatus* collected in Cubatão (São Paulo, Brazil), a very industrialised and contaminated region. The authors did not



**Figure 2.** Box-plot representation of the Pb level data in the non-edible tissues of the mangrove root crab (*G. cruentata*).

detect lead in the crustacean ( $<0.05 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) but found cadmium at high levels in muscle, gill, and hepatopancreas of  $0.010 \pm 0.01$ ,  $0.11 \pm 0.02$ , and  $0.16 \pm 0.01 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectively.

Studies in different regions of the world and in diverse seafood components have been carried out to assess heavy metal contamination. For example, Miedico et al. (2015) in Italy detected elevated Pb and Cd levels in several molluscs and fish species. On the other hand, Choi et al. (2014) evaluated echinodermata and chordata species from South Korea for several heavy metals (Al, As, Cd, Hg, and Pb) and observed that Al and As are highly accumulated when compared to Pd and Cd. However, no metal level surpassed governmental guidelines. Thus, seafood consumption would not pose a threat to consumer's health.

Lead concentrations in the edible parts of this mangrove root crab were below the limit established by legislation. Since the standard limits are only applied for the edible parts, higher Pb level observed in gills should not be considered as far as health risk is concerned. However, these results may be used as an environmental biomonitoring tool of the degree of regional contamination.

In all samples, Cd levels were below LOD ( $<0.016 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Vallejos (2015) determined Cd concentrations in eight species of fish and concluded that Cd concentrations in fish, bivalve molluscs, and cephalopods exceeded the maximum limits, while crustaceans did not. Similarly, Araújo et al. (2016) performed a risk assessment of an estuarine community diet intake of Pb and Cd in seafood from the Aratu Bay in the same state of Bahia, Brazil. Cadmium levels were low in crustacean species ( $0.007 \pm 0.001 \text{ mg kg}^{-1}$ ), but elevated in molluscs ( $0.447 \pm 0.034 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Moreover, Cd is often present in Pb ore, but not in this case, where the Pb source is from secondary smelting from recycling lead content of car batteries obtained from junk yard used to produce lead oxide to be applied in the glazing process. Thus, Cd contamination should not be a problem in this region as evidenced by our results.

Table 3 presents the data for Pb levels in mangrove root crab muscles along the culinary stages raw muscle tissue, boiled/sorted muscle, and traditional stew. An

**Table 3.** Lead levels ( $\text{mg kg}^{-1}$  w/w) in the edible tissue at different culinary treatments.

Culinary treatment	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
Raw	19	<0.012	-	-	-
Boiled/sorted	3	0.05	0.008	0.03	0.06
Traditional stew	3	2.84*	0.220	2.41	3.13

SD: standard deviation; N: number of tested samples

\* $p$ -value = 0.006 (Student's *t*-test).

increase in Pb levels from  $<0.016 \text{ mg kg}^{-1}$  in raw muscle tissue to  $0.05 (\pm 0.008) \text{ mg kg}^{-1}$  in the commercial boiled/sorted muscle, reaching  $2.84 (\pm 0.220) \text{ mg kg}^{-1}$  in the muscle tissue cooked as the traditional stew along the steps was observed. Considering that Pb levels in raw muscle samples were all below the LOD and Pb levels in the boiled/sorted product reached a concentration as high as  $0.06 \text{ mg kg}^{-1}$ , it could be assumed that Pb content in the accumulative organs (gills and hepatopancreas) gets solubilised in the boiling water, contaminating the muscle tissue during this culinary stage.

Nevertheless, the mean lead level observed in the traditional stew is 57-fold higher when compared to the mean level in the boiled/sorted muscle sample. This result suggests that there is an intense leaching of Pb from the glazed pottery used to cook and serve the crab stew. Chagas (2015) assessed Pb migration from lead-glazed pots from the same region to fish stew at three standing periods (immediately, 6 and 24 h after cooking) and showed that Pb levels were higher in samples with increased storage time in glazed clay pots ranging from  $6.56$  to  $25.0 \text{ mg kg}^{-1}$ . Few studies have evaluated the impact of food processing on the Pb and Cd levels in shellfish. Recently, an increase of 56% of Cd and 72% of Pb levels in baked fish was observed when compared to frozen raw product sold on the Polish market, which had average levels of  $14$  and  $19 \mu\text{g kg}^{-1}$ , respectively (Winiarska-Mieczan & Grela 2016). In another study, Bassey et al. (2014) reported an increase of 32.9% Pb and 100% Cd in fried fish compared to raw fish, species *Polydactylus quadratifilis*, consumed at the Nigerian coast. Also, Perugini et al. (2014) reported influence of the cooking process on the concentrations of metals in crustaceans. A significant increase ( $p < 0.01$ ) in Pb and Cd content was observed in cooked portions of Norway lobster when compared to the corresponding raw portions.

Mean Pb level ( $2.84 \text{ mg kg}^{-1}$ ) in traditional stew observed in this study is 5–6 times higher than the maximum limits as set by legislation. The provisional tolerable weekly intake (PTWI) for Pb is  $25 \mu\text{g/kg}$  body weight (World Health Organization (WHO) 2011). Assuming an adult weighing 70 kg, one could only ingest  $1.750 \mu\text{g Pb/week}$ . Considering that the weekly average intake of the traditional stew portion is about 250 g per person,  $710 \mu\text{g Pb}$  would be ingested, representing a significant contribution of approximately 47.3% of the PTWI, which on the medium and long term could induce serious health risks to the population, without taking into consideration of the higher risk to children.

## Conclusion

This study evaluated the contribution of food processing to the contamination of Pb and Cd in mangrove root crab (*G. cruentata*) captured in the estuary of Jaguaripe River, Bahia, Brazil. It was found that Pb and Cd content in the edible parts of raw crab were below the LOD; nevertheless Pb levels in the gill and hepatopancreas were found in preoccupant concentrations, showing that the estuary ecosystem is being contaminated. Moreover, the results showed that Pb content in the crab muscle tissue along the culinary stages augments significantly, reaching levels high above the safe limits, probably due to the lead-glazed pottery utensils used to cook and serve food.

## Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

## ORCID

José A. Menezes-Filho  <http://orcid.org/0000-0002-3191-4484>

## References

- Ahearn GA, Mandal PK, Mandal A. 2004. Mechanisms of heavy-metal sequestration and detoxification in crustaceans: a review. *J Comp Physiol.* 174:439–452.
- Araújo CFS, Lopes MV, Vasquez MR, Porcino TS, Ribeiro ASV, Rodrigues JLG, do Prado Oliveira SS, Menezes-Filho JA. 2016. Cadmium and lead in seafood from the Aratu Bay, Brazil and the human health risk assessment. *Environ Monit Assess.* 188:259.
- Bassey FI, Oguntunde FC, Iwegbue CMA, Osabor VN, Edem CA. 2014. Effects of processing on the proximate and metal contents in three fish species from Nigerian coastal waters. *Food Sci Nutrition.* 2:272–281.
- Brazil. National Health Surveillance Agency. 2013. Mercosur technical regulation on maximum contaminant inorganic in food. RDC 42, 29/08/2013.
- Chagas MP. 2015. Determination of metals migrated to food prepared in clay pots using atomic spectrometric techniques [dissertation]. Salvador (BA): Federal University of Bahia.
- Choi JY, Habte G, Khan N, Nho EY, Hong JH, Choi H, Park KS, Kim KS. 2014. Determination of toxic heavy metals in Echinodermata and Chordata species from South Korea. *Food Additives Contaminants: Part B.* 7:295–301.
- Davanzo MB, Moreira LB, Pimentel MF, Costa-Lotufo LV, de Souza Abessa DM. 2013. Biomarkers in mangrove root crab *Goniopsis cruentata* for evaluating quality of tropical estuaries. *Mar Environ Res.* 91:80–88.
- Dong Z, Lu L, Liu Z, Tang Y, Wang J. 2014. Migration of toxic metals from ceramic food packaging materials into acid food simulants. *Math Probl Eng.* 2014:1–7.



- European Commission. 2002. Commission decision 657/2002: implementing council directive 96/23/EC concerning performance of analytical methods and the interpretation of result. Off J Eur Communities. L 221:8-36.
- European Commission. 2006. Commission Regulation (EC) no 1881/2006: setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Off J Eur Union L. 364:5-24.
- Franchi M, Menegário AA, Brossi-Garcia AL, Chagas GC, Silva MV, Pião ACS, Govone JS. 2011. Bioconcentration of Cd and Pb by the river crab *Trichodactylus fluviatilis* (crustacea: decapoda). J Braz Chem Soc. 22:230-238.
- Henry RP, Lucu C, Onken H, Weihrauch D. 2012. Multiple functions of the crustacean gill: osmotic/ionic regulation, acid-base balance, ammonia excretion, and bioaccumulation of toxic metals. Front Physiol. 3:431.
- IAL. 2016a. Instituto Adolfo Lutz. Proficiency testing report of blood cadmium. 11<sup>o</sup> study – September 2016. São Paulo, Brazil.
- IAL. 2016b. Adolfo Lutz Foundation. Proficiency testing report of blood lead. 63<sup>o</sup> round – January 2017. São Paulo, Brazil.
- Lima MV, Brayner F, Pimenter MF. 2002. Lead released by handmade glazed ceramic food wares. Revista Brasileira De Toxicologia. 15:19-23.
- Luo W, Ruan D, Yan C, Yin S, Chen J. 2012. Effects of chronic lead exposure on functions of nervous system in Chinese children and developmental rats. Neurotoxicology. 33:862-871.
- Markert B. 1998. Biogeochemistry of inorganic chemicals in the environment. In: Schüürmann G, Markert B, editors. Ecotoxicology. Heidelberg: John Wiley and Sons. Inc. and Spektrum Akademischer Verlag, 1998. Part 2, p. 165-199.
- Miedico O, Iammarino M, Pompa C, Tarallo M, Miedico O, Iammarino M, Pompa C, Tarallo M. 2015. Assessment of lead, cadmium and mercury in seafood marketed in Puglia and Basilicata (Italy) by inductively coupled plasma mass spectrometry. Food Additives Contaminants Part B. 8:85-92.
- Moreira FR, Moreira JC. 2004. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. Revista Panamericana De Salud Pública. 15:119-129.
- Morgano MA, Paula A, F DO, Rabonato LC, Milani RF, Vasconcellos JP, Martins CN, Citti AL, Telles EO, Balian SDC. 2011. Avaliação de contaminantes inorgânicos (As, Cd, Cr, Hg e Pb) em espécies de peixes inorganic contaminants (As, Cd, Cr, Hg and Pb) in fish species. Rev Inst Adolfo Lutz. 70:497-506.
- Paganini CL, Bianchini A. 2009. Copper accumulation and toxicity in isolated cells from gills and hepatopancreas of the blue crab (*Callinectes sapidus*). Environ Toxicol Chem. 28:1200-1205.
- Perugini M, Visciano P, Manera M, Abete MC, Amorena M. 2014. Lead, cadmium and chromium in raw and boiled portions of Norway lobster. Food Additives Contaminants: Part B. 7:267-272.
- Pinheiro MAA, Silva PPG, Duarte LF De A, Almeida AA, Zanotto FP. 2012. Accumulation of six metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: ucididae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiosperma: rhizophoraceae). Ecotoxicol Environ Saf. 81:114-121.
- Ruiz-Sandoval G. 1878. Envenenamiento lento por plomo en los habitantes de Oaxaca. Gac Méd Méx Periódico La Acad Med México. 13:393-403.
- Satarug S, Garrett SH, Sens MA, Sens DA. 2009. Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. Environ Health Perspect. 118:182-190.
- Vallejos GMM. 2015. Contaminación de alimentos marinos por cadmio en Lima, 2015. Apuntes de Ciencia y Sociedad. 5:275-279. doi:10.18259/acs.2015038
- Virga R, Geraldo L, Santos F. 2007. Assessment of heavy metal contamination in blue crab specimens. Ciência E Tecnologia De Alimentos. 27:779-785.
- Winiarska-Mieczan A, Grela ER. 2016. Content of cadmium and lead in commercial frozen fishery products consumed in Poland. J Sci Food Agric. doi:10.1002/jsfa.8136
- World Health Organization (WHO). 2011. Evaluation of certain food additive and contaminants. Tech Rep Ser. 1-226.



## APÊNDICE 2- CONCENTRAÇÕES CHUMBO E CÁDMIO NAS AMOSTRAS

DATA	Amostra	Pontos de coleta	Tecido	Largura cefalotórax (cm)	Sexo	Peso (g)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
09/04/2016	1	1	Hepatopâncreas	4,50	F	35,20	0,05	<0,016
09/04/2016	1	1	Músculos	4,50	F	35,20	<0,012	<0,016
09/04/2016	1	1	Brânquias	4,50	F	35,20	1,82	<0,016
09/04/2016	2	1	Hepatopâncreas	4,40	F	34,11	0,37	<0,016
09/04/2016	2	1	Músculos	4,40	F	34,11	<0,012	<0,016
09/04/2016	2	1	Brânquias	4,40	F	34,11	0,21	<0,016
09/04/2016	3	1	Hepatopâncreas	4,40	M	32,44	0,07	<0,016
09/04/2016	3	1	Músculos	4,40	M	32,44	<0,012	<0,016
09/04/2016	3	1	Brânquias	4,40	M	32,44	0,23	<0,016
09/04/2016	4	1	Hepatopâncreas	4,30	M	31,10	0,02	<0,016
09/04/2016	4	1	Músculos	4,30	M	31,10	<0,012	<0,016
09/04/2016	4	1	Brânquias	4,30	M	31,10	0,34	<0,016
09/04/2016	5	1	Hepatopâncreas	3,10	M	24,44	0,27	<0,016
09/04/2016	5	1	Músculos	3,10	M	24,44	<0,012	<0,016
09/04/2016	5	1	Brânquias	3,10	M	24,44	1,46	<0,016
09/04/2016	6	2	Hepatopâncreas	4,00	M	45,09	0,04	<0,016
09/04/2016	6	2	Músculos	4,00	M	45,09	0,02	<0,016
09/04/2016	6	2	Brânquias	4,00	M	45,09	0,30	<0,016
09/04/2016	7	2	Hepatopâncreas	4,00	M	46,06	0,04	<0,016
09/04/2016	7	2	Músculos	4,00	M	46,06	<0,012	<0,016
09/04/2016	7	2	Brânquias	4,00	M	46,06	0,39	<0,016
09/04/2016	8	2	Hepatopâncreas	4,00	M	46,95	<0,012	<0,016
09/04/2016	8	2	Músculos	4,00	M	46,95	0,02	<0,016
09/04/2016	8	2	Brânquias	4,00	M	46,95	0,04	<0,016
09/04/2016	9	2	Hepatopâncreas	4,00	M	46,76	0,02	<0,016
09/04/2016	9	2	Músculos	4,00	M	46,76	<0,012	<0,016
09/04/2016	9	2	Brânquias	4,00	M	46,76	0,08	<0,016
09/04/2016	10	2	Hepatopâncreas	4,00	M	45,61	<0,012	<0,016
09/04/2016	10	2	Músculos	4,00	M	45,61	<0,012	<0,016
09/04/2016	10	2	Brânquias	4,00	M	45,61	0,08	<0,016
09/04/2016	11	3	Hepatopâncreas	4,00	M	46,00	<0,012	<0,016
09/04/2016	11	3	Músculos	4,00	M	46,00	0,03	<0,016
09/04/2016	11	3	Brânquias	4,00	M	46,00	0,34	<0,016
09/04/2016	12	3	Hepatopâncreas	4,00	M	45,20	<0,012	<0,016

09/04/2016	12	3	Músculos	4,00	M	45,20	<0,012	<0,016
09/04/2016	12	3	Brânquias	4,00	M	45,20	0,86	<0,016
09/04/2016	13	3	Hepatopâncreas	4,00	M	45,60	0,02	<0,016
09/04/2016	13	3	Músculos	4,00	M	45,60	<0,012	<0,016
09/04/2016	13	3	Brânquias	4,00	M	45,60	0,35	<0,016
09/04/2016	14	3	Hepatopâncreas	4,00	M	46,80	0,05	<0,016
09/04/2016	14	3	Músculos	4,00	M	46,80	0,02	<0,016
09/04/2016	14	3	Brânquias	4,00	M	46,80	0,39	<0,016
09/04/2016	15	3	Hepatopâncreas	4,00	M	46,90	<0,012	<0,016
09/04/2016	15	3	Músculos	4,00	M	46,90	<0,012	<0,016
09/04/2016	15	3	Brânquias	4,00	M	46,90	0,94	<0,016
16/07/2016	16	1	Hepatopâncreas	3,50	F	43,81	<0,012	<0,016
16/07/2016	16	1	Músculos	3,50	F	43,81	<0,012	<0,016
16/07/2016	16	1	Brânquias	3,50	F	43,81	<0,012	<0,016
16/07/2016	17	1	Hepatopâncreas	3,50	M	59,36	<0,012	<0,016
16/07/2016	17	1	Músculos	3,50	M	59,36	<0,012	<0,016
16/07/2016	17	1	Brânquias	3,50	M	59,36	<0,012	<0,016
16/07/2016	18	1	Hepatopâncreas	3,50	M	43,78	<0,012	<0,016
16/07/2016	18	1	Músculos	3,50	M	43,78	<0,012	<0,016
16/07/2016	18	1	Brânquias	3,50	M	43,78	0,05	<0,016
16/07/2016	19	1	Hepatopâncreas	3,00	F	42,3	<0,012	<0,016
16/07/2016	19	1	Músculos	3,00	F	42,3	<0,012	<0,016
16/07/2016	19	1	Brânquias	3,00	F	42,3	<0,012	<0,016
16/07/2016	20	1	Hepatopâncreas	3,00	M	61,28	<0,012	<0,016
16/07/2016	20	1	Músculos	3,00	M	61,28	<0,012	<0,016
16/07/2016	20	1	Brânquias	3,00	M	61,28	<0,012	<0,016
16/07/2016	21	1	Hepatopâncreas	3,00	M	48,2	<0,012	<0,016
16/07/2016	21	1	Músculos	3,00	M	48,2	<0,012	<0,016
16/07/2016	21	1	Brânquias	3,00	M	48,2	0,03	<0,016
16/07/2016	22	2	Hepatopâncreas	2,50	F	44,57	0,04	<0,016
16/07/2016	22	2	Músculos	2,50	F	44,57	<0,012	<0,016
16/07/2016	22	2	Brânquias	2,50	F	44,57	0,04	<0,016
16/07/2016	23	2	Hepatopâncreas	2,50	F	30,06	0,06	<0,016
16/07/2016	23	2	Músculos	2,50	F	30,06	<0,012	<0,016
16/07/2016	23	2	Brânquias	2,50	F	30,06	0,05	<0,016
16/07/2016	24	2	Hepatopâncreas	2,50	F	35,47	0,02	<0,016
16/07/2016	24	2	Músculos	2,50	F	35,47	<0,012	<0,016
16/07/2016	24	2	Brânquias	2,50	F	35,47	0,08	<0,016
16/07/2016	25	2	Hepatopâncreas	2,50	F	52,56	0,05	<0,016

16/07/2016	25	2	Músculos	2,50	F	52,56	<0,012	<0,016
16/07/2016	25	2	Brânquias	2,50	F	52,56	<0,012	<0,016
16/07/2016	26	2	Hepatopâncreas	3,50	M	47,12	<0,012	<0,016
16/07/2016	26	2	Músculos	3,50	M	47,12	<0,012	<0,016
16/07/2016	26	2	Brânquias	3,50	M	47,12	0,03	<0,016
16/07/2016	27	2	Hepatopâncreas	2,50	F	37,5	0,05	<0,016
16/07/2016	27	2	Músculos	2,50	F	37,5	<0,012	<0,016
16/07/2016	27	2	Brânquias	2,50	F	37,5	0,03	<0,016
16/07/2016	28	3	Hepatopâncreas	3,50	M	64,82	<0,012	<0,016
16/07/2016	28	3	Músculos	3,50	M	64,82	<0,012	<0,016
16/07/2016	28	3	Brânquias	3,50	M	64,82	0,02	<0,016
16/07/2016	29	3	Hepatopâncreas	2,50	M	34,12	<0,012	<0,016
16/07/2016	29	3	Músculos	2,50	M	34,12	<0,012	<0,016
16/07/2016	29	3	Brânquias	2,50	M	34,12	<0,012	<0,016
16/07/2016	30	3	Hepatopâncreas	2,50	F	33,86	<0,012	<0,016
16/07/2016	30	3	Músculos	2,50	F	33,86	<0,012	<0,016
16/07/2016	30	3	Brânquias	2,50	F	33,86	<0,012	<0,016
16/07/2016	31	3	Hepatopâncreas	2,50	F	37,81	<0,012	<0,016
16/07/2016	31	3	Músculos	2,50	F	37,81	<0,012	<0,016
16/07/2016	31	3	Brânquias	2,50	F	37,81	<0,012	<0,016
16/07/2016	32	3	Hepatopâncreas	2,00	M	21,19	<0,012	<0,016
16/07/2016	32	3	Músculos	2,00	M	21,19	<0,012	<0,016
16/07/2016	32	3	Brânquias	2,00	M	21,19	<0,012	<0,016
16/07/2016	33	3	Hepatopâncreas	2,50	M	43,49	<0,012	<0,016
16/07/2016	33	3	Músculos	2,50	M	43,49	<0,012	<0,016
16/07/2016	33	3	Brânquias	2,50	M	43,49	<0,012	<0,016
01/10/2016	34	1	Hepatopâncreas	3,00	M	30,04	<0,012	<0,016
01/10/2016	34	1	Músculos	3,00	M	30,04	<0,012	<0,016
01/10/2016	34	1	Brânquias	3,00	M	30,04	<0,012	<0,016
01/10/2016	35	1	Hepatopâncreas	3,50	F	42,42	<0,012	<0,016
01/10/2016	35	1	Músculos	3,50	F	42,42	<0,012	<0,016
01/10/2016	35	1	Brânquias	3,50	F	42,42	<0,012	<0,016
01/10/2016	36	1	Hepatopâncreas	3,00	F	30,11	<0,012	<0,016
01/10/2016	36	1	Músculos	3,00	F	30,11	<0,012	<0,016
01/10/2016	36	1	Brânquias	3,00	F	30,11	<0,012	<0,016
01/10/2016	37	1	Hepatopâncreas	3,50	M	55,68	<0,012	<0,016
01/10/2016	37	1	Músculos	3,50	M	55,68	<0,012	<0,016
01/10/2016	37	1	Brânquias	3,50	M	55,68	<0,012	<0,016
01/10/2016	38	1	Hepatopâncreas	2,50	F	22,81	<0,012	<0,016

01/10/2016	38	1	Músculos	2,50	F	22,81	<0,012	<0,016
01/10/2016	38	1	Brânquias	2,50	F	22,81	<0,012	<0,016
01/10/2016	39	1	Hepatopâncreas	3,00	M	40,37	<0,012	<0,016
01/10/2016	39	1	Músculos	3,00	M	40,37	<0,012	<0,016
01/10/2016	39	1	Brânquias	3,00	M	40,37	<0,012	<0,016
01/10/2016	40	2	Hepatopâncreas	3,50	M	51,1	0,02	<0,016
01/10/2016	40	2	Músculos	3,50	M	51,1	<0,012	<0,016
01/10/2016	40	2	Brânquias	3,50	M	51,1	<0,012	<0,016
01/10/2016	41	2	Hepatopâncreas	3,50	F	42,2	<0,012	<0,016
01/10/2016	41	2	Músculos	3,50	F	42,2	<0,012	<0,016
01/10/2016	41	2	Brânquias	3,50	F	42,2	<0,012	<0,016
01/10/2016	42	2	Hepatopâncreas	3,00	F	30,15	<0,012	<0,016
01/10/2016	42	2	Músculos	3,00	F	30,15	0,03	<0,016
01/10/2016	42	2	Brânquias	3,00	F	30,15	<0,012	<0,016
01/10/2016	43	2	Hepatopâncreas	2,50	F	23,1	<0,012	<0,016
01/10/2016	43	2	Músculos	2,50	F	23,1	0,14	<0,016
01/10/2016	43	2	Brânquias	2,50	F	23,1	<0,012	<0,016
01/10/2016	44	2	Hepatopâncreas	2,50	M	20,09	<0,012	<0,016
01/10/2016	44	2	Músculos	2,50	M	20,09	0,05	<0,016
01/10/2016	44	2	Brânquias	2,50	M	20,09	<0,012	<0,016
01/10/2016	45	2	Hepatopâncreas	2,50	F	21,12	<0,012	<0,016
01/10/2016	45	2	Músculos	2,50	F	21,12	<0,012	<0,016
01/10/2016	45	2	Brânquias	2,50	F	21,12	<0,012	<0,016
01/10/2016	46	3	Hepatopâncreas	3,00	F	20,69	0,16	<0,016
01/10/2016	46	3	Músculos	3,00	F	20,69	<0,012	<0,016
01/10/2016	46	3	Brânquias	3,00	F	20,69	0,11	<0,016
01/10/2016	47	3	Hepatopâncreas	3,00	M	29,65	0,05	<0,016
01/10/2016	47	3	Músculos	3,00	M	29,65	<0,012	<0,016
01/10/2016	47	3	Brânquias	3,00	M	29,65	0,13	<0,016
01/10/2016	48	3	Hepatopâncreas	2,50	M	21,97	0,22	<0,016
01/10/2016	48	3	Músculos	2,50	M	21,97	<0,012	<0,016
01/10/2016	48	3	Brânquias	2,50	M	21,97	0,05	<0,016
01/10/2016	49	3	Hepatopâncreas	3,00	F	24,41	0,13	<0,016
01/10/2016	49	3	Músculos	3,00	F	24,41	<0,012	<0,016
01/10/2016	49	3	Brânquias	3,00	F	24,41	0,04	<0,016
01/10/2016	50	3	Hepatopâncreas	3,00	M	34,25	0,39	<0,016
01/10/2016	50	3	Músculos	3,00	M	34,25	<0,012	<0,016
01/10/2016	50	3	Brânquias	3,00	M	34,25	0,04	<0,016
01/10/2016	51	3	Hepatopâncreas	3,50	F	34,98	0,09	<0,016

01/10/2016	51	3	Músculos	3,50	F	34,98	<0,012	<0,016
01/10/2016	51	3	Brânquias	3,50	F	34,98	0,06	<0,016

Data	Amostra	Pb (mg.kg)	Cd (mg/kg)
09/04/2016	Moqueca	2,41	<0,016
09/04/2016	Moqueca	2,98	<0,016
09/04/2016	Moqueca	3,13	<0,016
09/04/2016	Aratu catado	0,05	<0,016
09/04/2016	Aratu catado	0,03	<0,016
09/04/2016	Aratu catado	0,06	<0,016
16/07/2016	Moqueca	0,25	<0,016
16/07/2016	Moqueca	0,23	<0,016
16/07/2016	Moqueca	0,23	<0,016
16/07/2016	Aratu catado	<0,012	<0,016
16/07/2016	Aratu catado	<0,012	<0,016
16/07/2016	Aratu catado	<0,012	<0,016
01/10/2016	Moqueca	<0,012	<0,016
01/10/2016	Moqueca	<0,012	<0,016
01/10/2016	Moqueca	<0,012	<0,016
01/10/2016	Aratu catado	<0,012	<0,016
01/10/2016	Aratu catado	<0,012	<0,016
01/10/2016	Aratu catado	<0,012	<0,016

### APÊNDICE 3- PARÂMETROS PARA CÁLCULO DO QUOCIENTE DE RISCO

N°	Idade	Peso (kg)	Frequência (dias.ano)	Temp. Méd. Exp (Idade.365)	Taxa de ingestão aratu (kg/dia)	Dose Ing Pb (abr.)	Dose Ing Pb (jul.)	QR Moq (abr.)	QR Moq (jul.)
1	6	19	104	2190	0,0025	0,00011	0,00001	0,1775	0,014
2	6	18	104	2190	0,0214	0,00096	0,00008	1,6057	0,130
3	8	32	104	2920	0,0043	0,00011	0,00001	0,1812	0,015
4	6	19	104	2190	0,0057	0,00024	0,00002	0,4053	0,033
5	7	29	104	2555	0,0071	0,00020	0,00002	0,3321	0,027
6	11	40	104	4015	0,0071	0,00014	0,00001	0,2407	0,019
7	6	23	52	2190	0,0107	0,00019	0,00002	0,3140	0,025
8	5	20	52	1825	0,0028	0,00006	0,00000	0,0958	0,008
9	5	16	52	1825	0,0014	0,00004	0,00000	0,0590	0,005
10	7	29	52	2555	0,0057	0,00008	0,00001	0,1330	0,011
11	9	43	52	3285	0,0057	0,00005	0,00000	0,0897	0,007
12	7	29	52	2555	0,0028	0,00004	0,00000	0,0651	0,005
13	7	25	0	2555	0	0,00000	0,00000	0,0000	0,00
14	6	22	0	2190	0	0,00000	0,00000	0,0000	0,00
15	6	19	0	2190	0	0,00000	0,00000	0,0000	0,00
16	7	21	0	2555	0	0,00000	0,00000	0,0000	0,00
17	6	23	0	2190	0	0,00000	0,00000	0,0000	0,00
18	6	20	0	2190	0	0,00000	0,00000	0,0000	0,000
19	37	55	104	13505	0,000	0,00000	0,00000	0,002	0,0001
20	35	55	104	12775	0,000	0,00000	0,00000	0,001	0,0001
21	28	55	104	10220	0,029	0,00042	0,00003	0,323	0,026
22	52	55	104	18980	0,017	0,00025	0,00002	0,194	0,016
23	52	55	104	18980	0,029	0,00042	0,00003	0,323	0,026
24	35	55	104	12775	0,029	0,00042	0,00003	0,323	0,026
25	37	55	104	13505	0,014	0,00021	0,00002	0,162	0,013
26	35	55	104	12775	0,011	0,00017	0,00001	0,129	0,010
27	28	55	104	10220	0,009	0,00013	0,00001	0,097	0,008
28	52	55	52	18980	0,029	0,00021	0,00002	0,162	0,013
29	52	55	52	18980	0,036	0,00026	0,00002	0,202	0,016
30	35	55	52	12775	0,021	0,00016	0,00001	0,121	0,010
31	37	55	12	13505	0,036	0,00006	0,00000	0,047	0,004
32	35	55	12	12775	0,029	0,00005	0,00000	0,037	0,003
33	28	55	0	10220	0,000	0,00000	0,00000	0,000	0,0000
34	52	55	0	18980	0,000	0,00000	0,00000	0,000	0,0000

## ANEXO A- QUESTIONÁRIO DE FREQUÊNCIA ALIMENTAR



## PROJETO: EFEITOS DO CHUMBO NA SAÚDE PÚBLICA

Nome da Criança: \_\_\_\_\_

Cod. / / / / / / / /

Micro-área / / / / / / Data entrevista: / / /

Entrevistadora: \_\_\_\_\_

Informante: \_\_\_\_\_

Parentesco: \_\_\_\_\_

ALIMENTO	Medida Caseira		GRAMAS	Nº VEZES/DIA	CONSUMO					
	Quant	Porção/Tamanho			SEMANA			MENSA		NUNCA
					5	3	1	L	1-3	
<b>Massas, pães e similares</b>										
Pão francês					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pão de leite					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pão integral					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pão de milho					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Aipim ( )					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Farinha de milho Preparação:					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Milho branco (mungunzá)					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sucrilhos tradicional					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sucrilhos sabor: _____					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pipoca doce industr.					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pipoca doce caramelo					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Farinha cremogema Sabor: _____					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

—								
Aveia Preparação: _____ —					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biscoito sem recheio Tipo: _____ —					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biscoito c/ recheio Sabor: _____ —					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bolo de chocolate					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arroz branco					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arroz integral					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Macarrão					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Churros _____ —					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonho _____ —					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pastel _____					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outro (especificar)					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Frutas</b>								
Abacate					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abacaxi					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Banana Tipo: _____ —					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laranja					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Limão					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acerola					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umbu					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manga					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maracujá					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Melancia					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Goiaba					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



ALIMENTO	Medida Caseira		GRAMAS	Nº VEZES/DIA	CONSUMO					
	Quant	Porção/Tamanho			SEMANA			MENSA	NUNCA	
					L	L	L	L		
					5	3	1	1-3		
6	4	2								
Mamão					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mamão papaia					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Manga					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Melão					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Morango					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ameixa fresca					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Castanhas					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Amendoim coz.					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Amendoim torrado					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cana de açúcar					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Caldo de cana					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Coco					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sucos: _____ _____ ( ) polpa ( ) natural					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Outra (especificar)					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Legumes</b>										
Cebolinha					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Coentro					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tomate					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cebola					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cenoura					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Batata doce					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Batatinha					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Couve					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Alface					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Carnes (frita, assada, cozida ou grelhada)</b>										
Boi ( )					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Galinha ( )					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Porco ( )					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Defumada ( )					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Carne do sol/sertão ( )					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vísceras ( ) Tipo: _____					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Salsicha, chouriça, calabresa ( )					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Presunto, mortadela					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Peixes ( ) Tipo:					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ostra crua					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Aratu</b> ( )					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mariscos Tipo:					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Leite, queijo e ovos</b>									
Leite integral ( )liq ( )pó					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Leite desnat. ( )liq ( )pó					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Leite soja ( )liq ( )pó					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outro leite (especificar)					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creme de leite					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Queijo amarelo					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Queijo branco					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ALIMENTO	Medida Caseira		Medida Caseira	Nº VEZES/DIA	CONSUMO				
	Quant	Quant			SEMANA			MENSA	NUNCA
					L 5-6	L 3-4	L 1-2	L 1-3	
Iogurte ( )Int. ( )Desn. Sabor: _____ –					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Leite fermentado Sabor: _____ –					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ovo Tipo: _____					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outro (especificar)					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Óleos, gorduras e condimentos</b>									
Azeite de oliva					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manteiga					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Margarina					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Leite de coco Preparação: _____ –					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Azeite de dendê Preparação: _____ –					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Outro (especificar)					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Doces e salgados</b>									
Gelatina Sabor: _____ –					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chocolates Tipo: _____					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jujuba, balas, maria mole Tipo: _____					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Salgadinhos Tipo: _____					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Picolés, geladinho					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## ANEXO B- EXAME ANTROPOMÉTRICO



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – FACULDADE DE FARMÁCIA  
LABORATÓRIO DE TOXICOLOGIA  
Projeto ECSP: Efeito do Chumbo na Saúde Pública



### Exame Antropométrico

Data da entrevista:     /     /	Hora:	Registro Nº
Nome do entrevistador:		
Nome do escolar:		Código
Data de Nascimento:     /     /	Idade:	Sexo: (    ) Masculino    (    ) Feminino
Escola:		Série:

Peso 1(Kg):	Altura 1(cm):
Peso 2(Kg):	Altura 2(cm):
Peso 3(Kg):	Altura 3(cm):
PESO MÉDIO (Kg):	ALTURA MÉDIA (cm):
IMC (Kg/m <sup>2</sup> ):	

Circunferência da cintura (cm):	Circunferência abdominal (cm):	Circunferência do quadril (cm):
CC1:	CA1:	CQ1:
CC2:	CA2:	CQ2:
CC3:	CA3:	CQ3:
CC média:	CA média:	CQ média:

**Encerre o exame e agradeça a participação.**

Existe alguma observação a ser feita por parte do entrevistador?

---



---



---



---

## ANEXO C- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

De acordo com as Normas da Resolução nº 466, do Conselho Nacional de Saúde de 12 de dezembro de 2012.



**Título da Pesquisa:** “Influência de ALAD na associação entre chumbo no sangue e função intelectual das crianças – (AlaPbIC)”

**Coordenador da Pesquisa:** Prof. Dr. José Antonio Menezes Filho

Estamos convidando seu filho e/ou filha como voluntários, o(a) Sr(a.) está sendo solicitado(a) a participar também, pois vai nos fornecer informações muito importantes para o sucesso desta pesquisa. Neste estudo pretendemos saber se a fumaça e poeira emitidas pelas olarias de Maragogipinho podem estar contaminando as crianças com chumbo, que é usado como vocês sabem para vitrificar os vasilhames de barro. Pretendemos também avaliar se esta poluição está interferindo na capacidade de aprendizagem dos seus filhos ou filhas.

O Sr.(a) não é obrigado(a) a participar da pesquisa, e poderá se afastar dela a qualquer tempo, sem qualquer prejuízo de sua relação com o pesquisador ou com a instituição. Todas as informações pessoais serão sigilosas, os resultados de suas análises serão fornecidos unicamente ao Sr.(a), e sua identidade não será revelada em qualquer publicação resultante deste estudo. Os exames e procedimentos aplicados serão gratuitos, não havendo qualquer custo. A sua participação também será de forma voluntária, portanto não irá receber dinheiro por isso. **Antes de assinar este termo, o(a) Sr.(a) deve entender as informações sobre a pesquisa e fazer todas as perguntas que achar necessário.**

O problema investigado é a possível exposição ao chumbo existente na fumaça e poeira emitidas pelas olarias durante a fabricação do óxido de chumbo a partir do chumbo metálico de baterias; da queima das peças vitrificadas e do descarte no meio ambiente das peças quebradas. Assim como a exposição decorrente da manipulação dessas peças; do consumo de alimentos preparados ou armazenados em vasilhames vitrificados com este metal. Sabe-se que o chumbo afeta, em qualquer concentração no organismo, diversas funções importantes como: a produção da hemoglobina, podendo levar a anemia; o sistema nervoso central e periférico, causando diversos problemas que depende dos níveis do chumbo no sangue como: tremores, alta de memória, baixa concentração, inquietação, perda de forças nas mãos e pernas; pode causar aumento da pressão sanguínea; problema de infertilidade no adulto entre outros. A criança é mais vulnerável aos efeitos do chumbo, afetando especialmente o desenvolvimento intelectual (capacidade cognitiva), assim como causando déficit de atenção e aumento de comportamento hiperativo.

A enzima ácido  $\delta$ -aminolevulínico desidratase (ALAD) tem importante papel na produção da hemoglobina e esta sofre inibição pelo chumbo, podendo assim leva a anemia. O gene que tem as

informações para produção dessa enzima varia entre as pessoas. Portanto, algumas podem ter variantes mais ativas que outras. Por isso, temos o interesse de medir a atividade dessa enzima em cada criança e avaliar as diversas variantes genéticas dessa enzima. Isso dará informações porque algumas pessoas são mais sensíveis que outras.

Serão incluídas as crianças de 6 a 12 anos matriculadas e frequentando as Escolas Municipais Ana Nery e Humberto de Campos. Pretendemos medir os níveis de chumbo no ar da Vila de Maragogipinho e na poeira depositada nas casas de cada criança. Para tal fim, pedimos autorização para colocar amostradores no quarto onde dorme a criança. Será necessário coletar sangue para analisarmos o nível de chumbo no sangue, atividade da ALAD e o polimorfismo genético; assim como realizarmos exames detalhados para avaliar a presença de anemia: determinação de hemoglobina e dosagem ferro e ferritina séricos. Os casos detectados de anemia, ou outro desvio da normalidade, serão imediatamente informados e os pais recomendados ao Programa de Saúde da Família do Município de Aratuípe com todos os resultados dos exames para serem devidamente acompanhados. A coleta será feita com material descartável, a vácuo na veia cubital no braço por profissional extremamente habilitado para coleta em crianças. No momento da punção a criança sentirá dor passageira, podendo ocorrer eventualmente em alguns casos leve hematoma. Caso ocorra, será aplicado um gel para ajudar a reabsorção. No local será colocado curativo adesivo. Uma pequena mecha de cabelo (cerca de 1 cm) será coletada na região da nuca e acondicionada em sacos de coleta. Será usada tesoura cirúrgica de ponta redonda, sendo higienizada entre os voluntários. As unhas dos dedos dos pés serão coletas com auxílio de cortador de unha (tipo Clipper com receptáculo) de todos os dedos e acondicionados em sacos de amostragem devidamente identificados com código e iniciais do voluntário. Todos os protocolos serão aplicados nas Escolas, não havendo nenhuma despesa para os participantes. As amostras receberão um código que estará relacionado à identificação de cada criança, sendo de conhecimento somente da coordenação do projeto. As amostras serão armazenadas devidamente no Laboratório de Toxicologia (FF/UFBA) e poderão ser utilizadas na pesquisa para avaliar a co-exposição a outros metais.

O senhor ou senhora responderá a questionários durante entrevistas sobre dados socioeconômicos gerais. Usaremos do nosso melhor julgamento para não constrangê-los com questões sobre posse para classificação socioeconômica. Psicólogos ou estudantes de psicologia aplicarão testes específicos para avaliar o desenvolvimento intelectual da criança, assim como questionário específico sobre alguns hábitos dele. Estas informações são muito importantes como diagnóstico e para o sucesso desta pesquisa. Tais resultados ajudarão o Município a desenvolver medidas psicopedagógicas para que os estudantes tenham melhor desempenho escolar, melhor controle da poluição ambiental e definir políticas públicas que visem o bem estar da população.

O Termo é emitido em duas vias, sendo uma das vias deste termo com nosso contato para o senhor(a). Pode tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora

ou a qualquer momento. Eventuais danos decorrentes da pesquisa poderão ser passíveis de indenização.

**Em caso de dúvida, procurar o pesquisador ou CEP nos endereços:**

- **Laboratório de Toxicologia – Faculdade de Farmácia-UFBA Av. Barão de Jeremoabo s/n Campus de Ondina, 40115-179, Salvador, Bahia. Tel.: (71)3283-6960**
- **Comitê de Ética em Pesquisa: Escola de Enfermagem-UFBA Campus Universitário do Canela, Salvador, Bahia. Tel. (71) 3283-7615**

-----  
Pesquisador

Declaro que fui devidamente explicado dos objetivos, riscos e benefícios da minha participação na pesquisa. Fui informado(a) que não receberei dinheiro por participar como voluntário(a), que será mantido o sigilo das minhas informações e que poderei a qualquer momento me retirar, juntamente com meu filho e/ou filha da pesquisa sem qualquer constrangimento.

-----  
Participante da Pesquisa/Responsável Legal



## ANEXO D- PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UFBA - ESCOLA DE  
ENFERMAGEM DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Influência da ALAD na associação entre chumbo no sangue e função intelectual em escolares das crianças

**Pesquisador:** José Antonio Menezes Filho

**Área Temática:** Genética Humana:

(Trata-se de pesquisa envolvendo Genética Humana que não necessita de análise ética por parte da CONEP.);

**Versão:** 3

**CAAE:** 57558716.8.0000.5531

**Instituição Proponente:** Faculdade de Farmácia

**Patrocinador Principal:** Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.762.493

#### **Apresentação do Projeto:**

Trata-se da apresentação da terceira versão do projeto conforme parecer 1.726.647 de 14 de Setembro de 2016. Estudo proposto pelo Prof Dr. José Antonio Menezes Filho, laboratório de toxicologia da faculdade de farmácia da Universidade Federal da Bahia.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

Investigar a associação entre a exposição ao Pb e efeitos no desenvolvimento intelectual em escolares de Maragogipinho, Aratuípe, Bahia, tendo em conta o polimorfismo genético da enzima ácido -aminolevulínico desidratase (ALAD).