



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE NUTRIÇÃO

RÔMULO DIAS MIRANDA

**ANÁLISE DE METAIS PESADOS (CHUMBO E CÁDMIO) NO
CARANGUEJO-UÇÁ (*UCIDES CORDATUS LINNAEUS*, 1763)
ENQUANTO BIOINDICADOR DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL NA
REGIÃO DE SANTO AMARO - BA**

RÔMULO DIAS MIRANDA

**ANÁLISE DE METAIS PESADOS (CHUMBO E CÁDMIO) NO
CARANGUEJO-UÇÁ (*UCIDES CORDATUS* LINNAEUS, 1763)
ENQUANTO BIOINDICADOR DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL NA
REGIÃO DE SANTO AMARO - BA**

Monografia apresentada à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências da Saúde, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Nutrição, sob a orientação do Prof. Dr. Fábio Santos de Oliveira.

Santo Antônio de Jesus, BA
2014

RÔMULO DIAS MIRANDA

**ANÁLISE DE METAIS PESADOS (CHUMBO E CÁDMIO) NO
CARANGUEJO-UÇÁ (*UCIDES CORDATUS* LINNAEUS, 1763)
ENQUANTO BIOINDICADOR DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL NA
REGIÃO DE SANTO AMARO - BA**

Monografia apresentada à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências da Saúde, como requisito para obtenção o título de Bacharel em Nutrição, sob a orientação do Prof. Dr. Fábio Santos de Oliveira.

Aprovada em 20 de novembro de 2014.

Prof. Dr. Fábio Santos de Oliveira
Orientador – UFRB

Prof. Dr Gilvanildo Bezerra de Oliveira
UFRB

Prof^a. Dr^a Isabela de Matos Mendes da Silva
UFRB

Santo Antônio de Jesus, BA
2014

A minha família e amigos,
sem os quais eu não alcançaria esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pela proteção e as glórias diárias alcançadas.

Agradeço aos meus pais (Carlos Alberto e Nélia Mariza), pois sem eles nunca poderia ter chegado até aqui. Agradeço-lhes, também, por estarem sempre ao meu lado, mesmo em momentos difíceis da minha vida, pelo apoio em todas as minhas escolhas, pelo exemplo de honestidade e virtudes construído em nosso lar.

Agradeço a minha Irmã (Sheila Carla), minha companheira, pela paciência e apoio em todas as etapas de minha vida.

Agradeço a minha namorada (Dayane Lemos) pela atenção, companheirismo e Amor ao longo desses anos.

Agradeço a todos meus primos/irmãos pela união de nossa família e, em especial, a William Miranda que me ensinou e me preparou (do seu jeito, é claro!) para vida.

Agradeço aos meus tios, avós, em especial, a Tia Carmen, uma mulher guerreira e a pessoa mais solidária que eu já conheci em toda minha vida.

Agradeço aos meus companheiros de laboratório Fernanda Alves, Erival Junior, Aloísio Júnior, Bruno Marcedo, Cristiano Araújo, Felipe Miranda pelas as horas e finais de semana dedicados aos nossos projetos de pesquisa.

Agradeço a todas as amigadas constituídas em Santo Antônio de Jesus (Dui, Dona Lurdinha, Sr. Cosme, Paulo Eduardo, Sabrina Souza, Thiala Ravena, Willean Rocha, Jherick Flores, Caillan Farias, Isabella Moreira e Wandemberg Pereira e Diego Som).

Agradeço a todos os meus mestres, em especial, ao meu professor Jomarito Guimarães (*in memória*) e ao meu professor Orientador Fábio S. de Oliveira pela atenção, companheirismo, pelo conhecimento transmitido.

Agradeço a FAPESB pela bolsa de iniciação científica e financiamento dos projetos que fiz parte.

Sei que este espaço não é suficiente para homenagear a todos e que não sou muito bom com as palavras, mas fica aqui a minha homenagem a todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram com mais esta conquista em minha vida.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

Entre os anos de 1960 e 1993, uma indústria de beneficiamento de minério de chumbo manteve-se em atividade na cidade de Santo Amaro - BA que, devido a não preocupação socioambiental, provocou significativa contaminação por metais pesados no município. Portanto, o presente trabalho pretende caracterizar a atual situação de contaminação de chumbo e cádmio em amostras de caranguejo-uçá, usando-os como bioindicadores da contaminação no ambiente aquático da região. Para este fim, foram coletadas amostras de caranguejo, em seis pontos de coletas, em seguida foi realizado o registro de dados dos espécimes, como sexo, condições fisiológicas e dados biométricos, e em seguida dissecados para remoção das brônquias, hepatopâncreas e tecidos musculares, que foram individualmente pesados. O tratamento das amostras foi realizado envolvendo liofilização, ajuste granulométrico com malha analítica (400 μ m / 200 μ m), digestão em bloco digestor equipado com dedo frio equipado com condensadores do tipo "dedo frio" empregando ácido nítrico e peróxido de hidrogênio, diluição das soluções em balões de 25 mL com água ultrapura, determinação dos metais por ICP-OES. A Resolução de Diretoria Colegiada (RDC estabelece limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos, valor este de 0,5 mg/Kg (peso úmido) tanto para chumbo quanto para cádmio. Os resultados óbitos através da análise de caranguejos-uçá, no estuário, apresentam valores para chumbo próximos a 03 (três) vezes superior ao que é apontado pela RDC. Já para o cádmio, os valores médios encontram-se dentro do que é preconizado por lei. Através das análises é possível verificar que a distribuição de chumbo e cádmio não se dá de forma homogênea em todos os pontos de coleta, nem há uma relação de proporcionalidade entre distância de fábrica e níveis de chumbo e cádmio nos animais. Os pontos de coleta que identificaram os maiores níveis foram, respectivamente, P02, P03, P05, P04 e o P06 para chumbo, e para cádmio nenhum dos pontos de coleta apresentaram valores superiores preconizados pela legislação atual. Estes resultados apresentam indícios que os espécimes da região em análise apresentam níveis de contaminação em chumbo e risco para cádmio, devido a fatores externos que se encontram ligados à história da cidade.

Palavras-chave: Determinação de Pb e Cd. Biomonitoramento no Rio Subaé. Avaliação de contaminação ambiental.

ABSTRACT

Between the years of 1960 and 1993, a factory of beneficiation of lead ore remained active in the city of Santo Amaro -BA, where caused significantly environmental contamination of heavy metals due to no environmental concern. This study is aimed to characterize the currently environmental contamination by lead and cadmium in samples of crab (uçá crab) as biomarkers of contamination of the aquatic environment. In order to investigate the environmental contamination, samples of these crabs were collected in six pre-established points, then a database was created with information such as sex, physiological condition, and biometric data. Furthermore, the specimens were dissected in order to remotion of the gills, hepatopancreas and muscle tissues. The removed parts were individually weighted, transferred to Falcon tubes and stored in a freezer at -30 °C. Sample treatment was carried out evolving freeze drying, granulometric adjust with analytical sieve (400µm / 200µm), digestion with block digestion system equipped with cold finger using nitric acid and hydrogen peroxide, dilution with ultrapure water to 25 mL and determination of metals by ICP-OES. According to RDC (Resolução da diretoria colegiada) N°42, August 29th, 2013, the maximum value of organic contaminants such as lead and cadmium in food is 0,5mg/Kg (humid weight). The results obtained from the analysis of crabs collected show values of lead almost 3 times higher than the value established by the RDC. For Cadmium values, the values found are within the recommended range by the RDC. Is possible to recognize that the range of lead and cadmium is not homogeny spread in the points where the specimens were collected. In addition, was not identified a proportionality between the levels of lead and cadmium and distance from the factory. The points of collect that was identified higher levels of lead were P02, P03, P05, P04 and P06. Cadmium values higher than the preconized by the RDC were not found in any point of collect. These results show that the specimens of the analysed area have high level of lead contamination, and a possible risk for cadmium. The reason of this result are external factors that are linked to the history of the city.

Keywords: Determination of Pb and Cd. Biomonitoring in Rio Subaé. Evaluation of environmental contamination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Caranguejo-uçá (<i>Ucides cordatus</i>).....	24
Figura 2: Mapeamento dos pontos de coleta através das coordenadas geográficas .	27
Figura 3: Mapeamento, por imagem de satélite, dos pontos de coleta	27
Figura 4: Técnica de captura por “braceamento”	28
Figura 5: Processo de liofilização	30
Figura 6: Bloco digestor	31
Figura 7: Média global de chumbo e cádmio	35
Figura 8: Comparativo de chumbo e cádmio em função do sexo	35
Figura 9: Comparativo de chumbo e cádmio em função da fase de crescimento ..	36
Figura 10: Comparativo de chumbo e cádmio em função dos tecidos/órgãos	37
Figura 11: Quantitativo de amostras em função do ponto de coleta	38
Figura 12: Comparativo de chumbo e cádmio em função da distância da fábrica ..	39
Figura 13: Comparativo de chumbo e cádmio em função das datas de coleta	41
Figura 14: Precipitação pluviométrica acumulada em mm em função da concentração média de todos os compartimentos analisados.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coordenadas geográficas e distância em km da fábrica	28
Tabela 2: Fases de desenvolvimento do caranguejo-uçá	29
Tabela 3: Parâmetros instrumentais para as determinações por ICP OES	32
Tabela 4: Quantitativo de espécimes coletas por ponto e data de coleta	33
Tabela 5: Valores referentes a níveis máximos de contaminantes inorgânicos em massas úmidas	34
Tabela 6: Estimativa de risco alimentar	46
Tabela 7: Valores considerados para o cálculo	46

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BA - Estado da Bahia

BRA Brânquias

BTS - Baía de Todos os Santos

CCD - (dispositivo de carga acoplada)

CCS - Centro de Ciências da Saúde

COBRAC - Companhia Brasileira de Chumbo

ICP OES - Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma de Argônio Indutivamente Acoplado

MUS Músculo

HEP Hepatopancreas

P - Ponto de coleta

PA - Puro para análise

SUMÁRIO

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
2 JUSTIFICATIVA	14
3 OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GERAL	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4 REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.1 A IMPLANTAÇÃO DE INDÚSTRIAS NA BAHIA	16
4.2 COBRAC: INSTALAÇÃO, FUNCIONAMENTO E IMPACTOS AMBIENTAIS ..	18
4.2.1 Caracterização da contaminação por Cádmio (Cd)	20
4.2.2 Caracterização da contaminação por Chumbo (Pb)	21
4.3 USO DE BIOINDICADORES PARA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE AQUÁTICO NA REGIÃO DE SANTO AMARO - BA	22
4.3.1 Bioindicador de contaminação: caranguejo-uçá (<i>Ucides cordatus</i>, por Linnaeus, 1763)	24
5 METODOLOGIA	27
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
6.1 ANÁLISE DE CÁDMIO E CHUMBO EM AMOSTRAS DE CARANGUEJO-UÇÁ ..	33
6.2 POSSÍVEIS RISCOS À SAÚDE ASSOCIADOS AO CONSUMO CARANGUEJO- UÇÁ NA REGIÃO DO ESTUÁRIO DO RIO SUBAÉ.....	43
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS	49

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A implantação de uma indústria esta associada à ideia de avanço econômico, sendo a partir da geração de empregos ou pela arrecadação de impostos. Mas não se pode desconsiderar que desenvolvimento econômico sempre está relacionado, em diferentes escalas, com impactos na qualidade de vida dos seres humanos e no meio ambiente. Sendo assim, a operação, instalação e/ou desativação de empreendimentos industriais pode deixar um trilha de contaminação e degradação acarretando impactos ambientais, econômicos e sociais para a população (SICSÚ; CASTELAR, 2009).

Ao se pensar nessa perspectiva, recorda-se que a história socioeconômica da cidade de Santo Amaro – Bahia revela que, entre os anos de 1960 e 1993, uma indústria de beneficiamento de minério de chumbo manteve-se em atividade. Devido à utilização de tecnologias que não previam o controle seguro sobre os efluentes sólidos, líquidos e gasosos, essa indústria provocou significativa contaminação ambiental no município, destacando-se: poluição atmosférica; poluição do rio Subaé e lençóis freáticos; contaminação do solo; contaminação da biota e; contaminação da população de Santo Amaro por metais pesados, além da produção de cerca de 490 mil toneladas de escória rica em chumbo e cádmio (OLIVEIRA, 2010).

Portanto, este trabalho, fruto do projeto de pesquisa intitulado *Estudo de bioindicadores e biomoduladores para a avaliação dos impactos ambientais por metais pesados em Santo Amaro – BA*, coordenado pelo professor doutor Fábio Santos de Oliveira e financiados pela Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), busca determinar atual situação de contaminação de chumbo e cádmio em amostras de caranguejo-uçá, enquanto bioindicadores da contaminação por metais pesados no ambiente aquático da região de Santo Amaro-BA.

2 JUSTIFICATIVA

O consumo de pescados, especialmente de invertebrados, é uma das principais fontes de proteína animal para as comunidades ribeirinhas e em especial as comunidades de Santo Amaro – BA, *locus* desta pesquisa. Cabe relatar que as atividades de coleta de mariscos e a pesca artesanal são importantes fontes de renda para diversas famílias dessa localidade, caracterizando-se como principal fonte de subsistência. Dessa forma, uma provável contaminação das espécies aquáticas pode ocasionar agravantes impactos sociais, econômicos e à saúde dos moradores de Santo Amaro e estuário do rio Subaé.

Estudos têm sido desenvolvidos no intuito de descrever e avaliar os impactos à biota de Santo Amaro, esses já são registrados desde a década de 1970. Muitos desses representam publicações que envolvem estudos de bioindicadores de qualidade ambiental, espécimes estas coletadas nesta região, mas em sua grande maioria anteriores ao ano 2000 (HATJE; ANDRADE, 2009). Dessa forma, identifica-se a falta de estudos mais recentes, referentes aos complexos processos de disseminação, transformação e fixação de metais pesados no ambiente aquático, e também uma carência de intervenções que visem reverter os impactos ambientais causados pela indústria mineradora.

Diante da configuração social e histórica da região de Santo Amaro e implantação da empresa de beneficiamento de minérios de chumbo, torna-se relevante o desenvolvimento de pesquisas que se disponham a investigar os níveis de contaminação de metais pesados nesta região e proponham intervenções que favoreçam a comunidade ribeirinha. Portanto, esta pesquisa, que trata as amostras de caranguejos-uçá como bioindicadores de metais pesados, enquadra-se em um campo de pesquisa, certamente, cientificamente representativo.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Caracterizar a atual situação da contaminação por chumbo e cádmio, em amostras do caranguejo-uçá, como bioindicadores da contaminação por metais pesados no ambiente aquático da região de Santo Amaro-Bahia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a distribuição geográfica dos níveis de contaminação do caranguejo-uçá por metais pesados, através de pontos de coletas no estuário do rio Subaé, Santo Amaro-BA;
- Avaliar diferentes metodologias de digestão de amostras de órgãos e tecidos enquanto pré-tratamento para determinação de metais pesados;
- Determinar o teor de metais pesados nos tecidos processados de caranguejo-uçá - músculo, hepatopâncreas e brânquias;
- Avaliar potenciais zonas de risco de coleta dos espécimes para exploração comercial;
- Comparar os teores de metais pesados medidos com os limites preconizados pela legislação vigente;
- Avaliar riscos alimentares associados ao consumo dos crustáceos pela população e comunidade ribeirinha de Santo Amaro - BA.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A IMPLANTAÇÃO DE INDÚSTRIAS NA BAHIA

A partir da Revolução Industrial, que se expandiu progressivamente da Inglaterra para o resto do mundo ocidental, no século XX, foi possível iniciar marcantes transformações na vida dos homens e sua relação com o meio ambiente, envolvendo, conseqüentemente, as condições objetivas e subjetivas da saúde humana e da sustentabilidade ambiental (ROSA, 2010).

Com a consolidação do sistema capitalista, que tem como uma de suas premissas a acumulação do capital e o incentivo ao consumo, a Revolução Industrial alterou as relações sociais exercidas entre os homens e as bases técnicas das atividades humanas, os avanços científicos e sua aplicação industrial (SOUZA JUNIOR, 2013).

O sistema capitalista configura-se em torno de um possível crescimento industrial impulsionado pelo acúmulo de capital, em que as empresas\indústrias, sob uma pressão econômica, visando lucro e seu bom funcionamento, exploram, muitas vezes, sem nenhum controle ou prevenção, as riquezas da terra, numa postura representativa de um capitalismo egocêntrico. Essa postura afeta diretamente o meio ambiente, muitas vezes provocando impactos negativos, irreversíveis ou de difícil recuperação. Certamente, hoje é visível que as conseqüências de tais posturas têm evidenciado riscos que se alastram em quase todas as dimensões da vida humana, obrigando-nos a rever a forma como agimos em relação meio ambiente (BECKER, 1993).

A implantação deste modelo capitalista, através de uma indústria, pode trazer consigo a ideia de prosperidade econômica duradoura, a partir da geração de empregos e arrecadação de tributos, mas se faz necessário entendermos que não se pode desconsiderar que a industrialização sempre está relacionada, em diferentes escalas, com impactos na qualidade de vida dos seres humanos e no meio ambiente. Neste contexto, a operação e/ou desativação de alguns empreendimentos industriais pode deixar um rastro de contaminação e degradação acarretando impactos ambientais, econômicos e sociais para a população local (SICSÚ, CASTELAR, 2009).

Diante das condições desenvolvimentistas, acima descritas, e levando em consideração ao mau uso do meio ambiente, viu-se a necessidade de se fazer algo a esse respeito. Dessa forma, surgiram vários movimentos e organizações em prol da preservação do meio ambiente e, conseqüentemente, da manutenção da vida, tendo em vista que ambas as questões estão intrinsecamente relacionadas (PEREIRA; CURI, 2012).

Nesta perspectiva, pode-se dizer que a consciência sobre os problemas ambientais é muito recente, passando o mundo a se preocupar com os impactos gerados pelo mau uso dos recursos naturais, principalmente nas últimas décadas do século XX. No contexto atual tais temas inserem-se no centro das discussões compartilhando dos mais diversos segmentos de opinião.

No Brasil, em meio ao tardio desenvolvimento industrial e a cobrança a um nivelamento industrial compatível com os países desenvolvidos, são notórias sérias conseqüências ao tratamos de questões ambientais. Esses impactos ambientais também foram ocasionados, no Brasil, pela inexistência de legislação específica e políticas públicas de fiscalização, ao tratar da instalação e manutenção de fábricas com alto poder de contaminação.

A Bahia é um estado grande, possui uma extensão territorial de 567.295 km² e sua população atual é de aproximadamente 14 milhões de habitantes, segundo o censo de 2010. O estado está inserido na dinâmica econômica nacional desde o período colonial, quando o estado era um dos principais alavancadores da economia da colônia, devido à indústria açucareira no período colonial, e essa sendo o carro chefe da economia do Recôncavo por muito tempo, seguido da atividade fumageira (PEREIRA, 2012).

Segundo Anjos (2003), na década de 1950, foram instalados dois complexos minero-metalúrgicos no Brasil, a citar: um no vale do Ribeira, na divisa entre os estados de São Paulo e Paraná; outro no estado da Bahia, mais precisamente na cidade Santo Amaro, localizada na parte norte do Recôncavo baiano. A mineradora localizada em Santo Amaro, registrada como Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC), manteve-se em atividade durante trinta e três anos, funcionando como uma indústria de beneficiamento de minério de chumbo. Em decorrência do inconsciente processo produtivo dessa usina, registra-se, contaminações na água, no ar, no solo e na biota, por diversas substâncias químicas (chumbo, cobre, zinco, cádmio, arsênio, entre outras).

4.2 COBRAC: INSTALAÇÃO, FUNCIONAMENTO E IMPACTOS AMBIENTAIS

Entre o período de 1960 a 1993, no município de Santo Amaro – BA foi instalada uma empresa, responsável pelas minas e pelo beneficiamento de chumbo. Essa empresa se intitulava Mineração Boquira e posteriormente passou a ser conhecida como COBRAC, a qual, em 1989, foi incorporada à empresa Plumbum Mineração e Metalurgia Ltda¹.

A COBRAC localizava-se na cidade de Santo Amaro – BA a 10 km da foz do Rio Subaé, na Baía da Todos os Santos, tendo como principal objetivo a extração de chumbo. No decorrer dos anos, diante da falta de controle ambiental, impactos foram ocasionados através da produção de resíduos contendo Si, Ca, Fe, Zn, Pb e S, além de concentrações traço de Cd, As, Sb, Co e Cr.

O minério era produzido nas minas de Boquira² e transportado por trens até a antiga Santo Amaro da Purificação, hoje apenas Santo Amaro, onde a COBRAC o beneficiava e produzia 5.870 toneladas de chumbo refinado e 8.450 toneladas de escória por ano (ANJOS; SÁNCHEZ, 2001).

Ressalta-se que a instalação da COBRAC não levou em consideração os riscos de contaminação da bacia hidrográfica do rio Subaé, ou a sua proximidade com zona urbana de Santo Amaro, nem medidas de controle quanto aos resíduos tóxicos produzidos pelo processo metalúrgico (ANJOS, 2003). No que tange aos resíduos, esses foram transportados até a Baía de Todos os Santos (BTS), sendo encontrados em altas concentrações no sedimento e na biota, conforme estudos realizados *in locu* (TEIXEIRA *et al.*, 2007; SANTOS, 2009; RAMOS, 2012).

A mineradora ficava apenas a 1,5 km do centro da cidade e uma parte da população de baixa renda, que residia em torno da fábrica, utilizavam a escória da indústria para pavimentar seus quintais, casas, pátios, fato esse que foi ainda mais impulsionado quando as ruas do centro da cidade foram pavimentadas com a escória de chumbo, entre às décadas de 1960 e 1970 (MACHADO *et al.*, 2004).

Em outros casos, chegou-se ao ponto dos moradores utilizarem os filtros das chaminés como tapetes e colchas em suas residências, sendo que quando a escória

¹ Empresa multinacional de capital francês e brasileiro (ANJOS; SANCHEZ, 2001; ANJOS, 2003).

² Município brasileiro do estado da Bahia, localizado na mesorregião do Centro-Sul baiano. Município nascido pela extração de chumbo, zinco, prata e ouro, assim como de pedras preciosas e semipreciosas. Até o governo Collor era destaque no cenário nacional pela exploração de minério de chumbo, tanto pela qualidade quanto pela quantidade, sendo a maior reserva do Brasil (ANJOS, 2003).

não era utilizada desta forma era disposta aos arredores da fábrica sem nenhuma preocupação com a disponibilidade dos metais pesados para o meio ambiente (TAVARES; CARVALHO, 1992; MACHADO et al., 2004).

Na época de implantação da COBRAC, esta não fazia uso de tecnologias que previam o controle seguro sobre os efluentes sólidos, líquidos e gasosos, gerando um total de cerca de 490 mil toneladas de escória rica em chumbo e cádmio, o que provocou significativa contaminação ambiental e consequente contaminação, por metais pesados, da população residente no município (ANJOS, 2003).

Desde os primeiros indícios de contaminação, logo no início da implantação da fábrica até os dias atuais, período que compreende quase meio século de estudos na região de Santo Amaro-BA, esses apontam para contaminação de animais, vegetais e humanos. No caso dos humanos, a população se contaminou pelo solo, através da escória armazenada de forma incorreta; pelo ar, através da não utilização de filtros nas chaminés; pela água, devido à localização da fábrica; e por fim, pela não preocupação da contenção do material tóxico, o que gerou a contaminação direta dos trabalhadores da fábrica, que foram expostos cronicamente aos agentes responsáveis pela contaminação (TAVARES; CARVALHO, 1992).

Importantes estudos foram realizados durante as últimas décadas, desses, boa parte foram conduzidas a avaliação dos passivos ambientais em Santo Amaro, em sua grande maioria direcionada para a avaliação dos níveis de contaminantes químicos no solo e sedimentos. Contudo, as análises químicas de contaminantes nos sedimentos não podem, isoladamente, definir de maneira robusta e inequívoca os possíveis riscos ecológicos associados à contaminação (HATJE, 2009).

O legado deixado pela COBRAC inclui 230 trabalhadores que ficaram desempregados quando a empresa fechou as portas (CARVALHO et al., 2003). Esses que, mesmo após o cessar de suas atividades na empresa, se encontravam debilitados e acometidos por doenças ocupacionais, sendo providos apenas por aposentadorias concedidas junto ao Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) ou auxílios doença. A empresa arcou com poucas indenizações, mas permitiu que outros dois mil processos fossem abertos na Delegacia do Trabalho de Santo Amaro e até hoje tramitam nas instâncias judiciais (ALCÂNTRA, 2010).

Além das doenças ocupacionais alguns desses trabalhadores desenvolveram doenças características da exposição aguda ao chumbo, como comprometimento do sistema nervoso, da função renal, das células do sangue, e do metabolismo de

vitamina D (CARVALHO et al., 2003). Mesmo diante do desastroso legado deixado pela indústria, ainda existem poucos trabalhos que pesquisaram sobre a qualidade de vida e o estado de saúde de ex-funcionários da fábrica.

Além de todos os percalços ambientais, já citados, a desativação da COBRAC trouxe para o município uma brusca queda na arrecadação de tributos e na geração de empregos. Os impactos econômicos de sua desativação são notados até hoje pela gestão municipal devido ao alto valor de rendas provenientes das divisas da indústria. Grande parte da população de Santo Amaro participava direta ou indiretamente como recursos humanos da COBRAC, e a desativação resultaram em inúmeras demissões (ANJOS; SÁNCHEZ, 2001).

O fechamento da fábrica não foi determinado pela incapacidade da adoção de medidas corretivas adequadas, mas sim pela exaustão da mina em Boquira, o que levou a empresa a importar minério com alto valor e baixa pureza do Peru. Dessa forma, o que impulsionou a desativação fabril foi à inviabilidade econômica e não ações das autoridades (saúde, ambiente, ministério público) (MACHADO et al., 2004).

4.2.1 Caracterização da contaminação por Cádmio (Cd)

Apesar de relativamente raro na natureza, o cádmio pode ser encontrado naturalmente em vegetais, na água, no solo e na atmosfera. Esse metal é um subproduto da exploração do zinco e do chumbo, motivo pelo qual se torna uma das principais fontes de contaminação do meio ambiente. Descoberto em 1817, o cádmio vem sendo utilizado em uma variedade de aplicações, como na produção de pneus e plásticos, respondendo por 20% a 35% em banhos eletrólitos, e fabricação de baterias, dentre outros procedimentos industriais (ANJOS, 2003).

O cádmio tornou-se um dos metais mais pesquisados em todo o mundo, devido à sua lenta excreção e longa meia-vida podendo chegar a décadas. Sabe-se também que como resultado da ingestão de alimentos contaminados pelo referido metal, pode-se ocasionar danos renais e distúrbios no metabolismo do cálcio, podendo ocasionar, também, fibrose e edema pulmonar, enfisema pulmonar, doenças renais como proteinúria e glicosúria, hipertensão arterial sistêmica, diminuição da produção de anticorpos, anemia e diminuição da testosterona (SOUZA NETO et al., 2009).

Os principais tecidos de acumulação do cádmio são fígados e rins, apresentando meia vida de 20 anos e a sua eliminação ocorre tanto pela urina quanto pelas fezes. Os parâmetros de normalidade no sangue são de 5 µg/dL. Na intoxicação crônica os principais órgãos afetados pelo cádmio são os rins e ossos, podendo levar a uma nefropatia irreversível e quadro de osteomalacia e osteoporose com fraturas espontâneas e fissuras pela perda renal de fosfato de cálcio, com fortes dores. Nos pulmões pode levar a uma síndrome obstrutiva e enfisema, enquanto que no fígado pode haver uma degeneração gordurosa acarretando em anemia e outros problemas associados à degeneração hepática (SOUZA NETO et al., 2009).

4.2.2 Caracterização da contaminação por Chumbo (Pb)

Embora relativamente abundante na crosta terrestre, o chumbo não é encontrado naturalmente na forma de metal, pois está normalmente combinado com mais de um componente químico, constituindo compostos de Pb. Sendo um dos contaminantes mais comuns do ambiente, o chumbo causa efeitos toxicológicos tanto para homens quanto para animais. Esse metal tem sido extraído e utilizado pelo homem ao longo dos séculos, e a utilização de produtos à base de chumbo aumentou significativamente desde a Revolução Industrial. Os principais usos dos compostos de Pb estão relacionados às indústrias extrativa, petrolífera, de baterias, tintas e corantes, cerâmica, cabos, tubulações e munições (MOREIRA; MOREIRA, 2004; SANTOS, 2009).

Nesse sentido, Goes (2010) afirma que, a ingestão de alimentos e o ar inalado são as principais vias de acesso do chumbo no organismo humano. Dessa forma, entende-se que as vias digestivas e respiratórias são geralmente as rotas de absorção no organismo humano. Porém, alguns fatores facilitam essa absorção, tais como carga corpórea e estado nutricional (deficiência de cálcio, ferro, potássio e zinco). Do acumulado na massa corpórea apenas 3% é circulante, sendo que 50% estão ligados à hemoglobina, fração essa livre no plasma que é responsável pelo efeito lesivo. Sua toxicidade se dá pelo contato da fração livre no plasma especialmente nos rins, fígado, medula óssea e sistema nervoso. O chumbo possui uma meia vida de 28 a 36 dias no sangue, 46 dias nos tecidos moles e de 10 a mais de 20 anos nos ossos, sendo excretado pela urina e suor (SOUZA NETO et al., 2009).

No que tange a contaminação dos alimentos, Tsalev e Zaprianov (1985) afirmam que aproximadamente de 10 a 15% do chumbo presente em alimentos contaminados (comidas e bebidas) é absorvido no trato gastrointestinal dos adultos, sendo que este percentual pode atingir até 50% em se tratando de crianças, reflexo da tendência que as crianças têm de levar coisas à boca e da curiosidade em manipular objetos, resultando num maior consumo de itens não comestíveis que podem vir a conter chumbo.

4.3 USO DE BIOINDICADORES PARA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE AQUÁTICO NA REGIÃO DE SANTO AMARO - BA

A biota aquática está constantemente exposta a um grande número de substâncias tóxicas lançadas no ambiente. A fonte dessa contaminação é muito diversa, indo desde efluentes industriais, processos de drenagem agrícola (fertilizantes, agrotóxicos), derrames acidentais e não acidentais de lixos químicos (metais pesados, compostos orgânicos e inorgânicos) a lixos domiciliares que acabam por chegar a rios e mares, gerando a contaminação dos ecossistemas aquáticos (LINS et al, 2010).

A contaminação de corpos d'água e organismos por metais pesados ocorre, principalmente, como consequência da exploração e do processamento de minérios; das indústrias de galvanização, manufatura de tintas e têxteis; das descargas de resíduos produzidos em embarcações; e da deposição de esgotos e entulhos de dragagens (ABEL, 1989; KENNISH, 1991). Muitos desses processos industriais produzem efluentes tóxicos ou subprodutos, tais como TBT ou tributilestanho³, óxidos de cobre, arsênio, chumbo e zinco em operações de fundição, além de arsênio, cádmio, mercúrio e selênio, que são gerados como produtos da extração de ouro (KENNISH, 1991).

³ O tributilestanho (TBT) é considerado um dos xenobióticos mais tóxicos, que foi deliberadamente introduzido no ambiente pelo Homem. É aplicado em vários processos industriais e conseqüentemente libertado para o ambiente, dispersando-se na água e sendo rapidamente adsorvido pela biota e as partículas em suspensão são posteriormente depositas no sedimento (cf. BORGES, 1997).

Sabe-se que os organismos vivos podem bioacumular⁴ metais pesados, incorporando-os na cadeia trófica e atingindo grande parte dos diferentes extratos que constituem os ecossistemas aquáticos e a maioria desses poluentes apresentam potencial tóxico comprovado, ou seja, são capazes de induzir efeitos deletérios aos organismos vivos expostos (DALLINGER; RAIMBOW, 1993). Portanto, apesar de alguns metais pesados como Fe, Cu, Zn e Co serem considerados elementos essenciais aos processos biológicos, podem ser tóxicos quando em concentrações mais elevadas.

Desses metais pesados, destaca-se, para este trabalho, o cádmio (Cd) que é um metal com a característica de bioacumular em tecidos animais. Dentre os muitos micro-organismos que acumulam o metal em seus tecidos, neste trabalho, daremos ênfase aos crustáceos, em especial, o caranguejo-uçá.

Sabe-se que os fatores de bioconcentração, da ordem dos milhares, podem causar danos graves aos organismos contaminados. Dentre os danos registrados pode-se citar: lesões renais em colônias de aves marinhas que tinham níveis elevados de cádmio nos rins (WHO, 1991); em peixes, carência de cálcio (hipocalcemia), provavelmente, por inibição da absorção de cálcio da água; dentre outros. Certamente, os efeitos de uma exposição prolongada podem ocasionar a mortalidade das larvas e a redução temporária do crescimento das espécies (KENNISH, 1991; HEATH, 1995).

Já o chumbo não é bioacumulável na grande maioria dos organismos, mas pode acumular-se em partículas que alimentam, por exemplo, mexilhões e larvas, ou seja, contamina organismos que ocupam lugar crucial na base da cadeia alimentar aquática, podendo comprometer toda a cadeia (MARTINS, 2004). De acordo com estudos da Organização Mundial da Saúde (OMS), o chumbo demonstrou causar efeitos adversos em vários órgãos e sistemas em todas as espécies submetidas a

4 A Bioacumulação é um processo que ocorre quando um composto químico, um elemento químico ou um isótopo se acumulam em elevadas concentrações nos organismos, independente do nível trófico. O processo pode ocorrer de forma direta, efetuada diretamente a partir do meio ambiente, ou indireta, quando ocorre por meio de alimentação, frequentemente de forma simultânea, em especial em ambientes aquáticos. A exposição de um ser vivo aquático a uma água contaminada por metais pesados pode provocar a absorção pelo organismo, entrando assim nos seus tecidos, e posteriormente, ao servir de alimento a seres de um nível trófico mais elevado, contaminará esse outro organismo, fazendo com que o contaminante suba na cadeia alimentar. A contaminação da cadeia alimentar provoca um aumento da concentração do contaminante a cada nível trófico (RAIMBOW, 1993).

estudos experimentais, nesses incluem sistema sanguíneo, nervoso central, reprodutivo, imune e os rins (WHO, 1989; 1995).

Em crustáceos, o chumbo e o cádmio podem causar uma série de mudanças fisiológicas, incluindo alteração do equilíbrio osmótico e iônico, diminuição do consumo de oxigênio, mudanças no padrão da hemolinfa, bem como danos histológicos (AMADO; FREIRE; SOUZA, 2006). Por meio da cadeia alimentar, esses elementos podem ser transferidos ao homem, e, assim como em outros organismos, causar danos à saúde, incluindo, na espécie humana, disfunções nos sistemas nervoso, renal, gastrintestinal e reprodutivo (GOYER, 1991).

4.3.1 Bioindicador de contaminação: caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*, por Linnaeus, 1763)

O *Ucides cordatus*⁵, conhecido popularmente como caranguejo-uçá, é um caranguejo semi-terrestre, pertencente à família Ocypodidae, que está presente na Flórida, Golfo do México, Antilhas, sul da América do Sul, Guianas e no Brasil (do Amapá à Santa Catarina), sendo o segundo maior crustáceo encontrado no manguezal (RAMOS 2012). É um animal basicamente herbívoro, alimenta-se, sobretudo das folhas que caem das árvores do manguezal.



Figura 1: Caranguejo-uçá
Fonte: Fernanda Alves (2011)

⁵ Nome científico para caranguejo-uçá denominado por Linnaeus (1763).

É um organismo marcadamente eurihalino⁶ e altamente territorialista, encontrado exclusivamente em manguezais (BRANCO, 1993; MARTINEZ *et al.*, 1998). Nestes ambientes, os caranguejos desempenham papéis ecológicos importantes, uma vez que, através da construção de suas galerias, favorecem o revolvimento do sedimento, permitindo assim sua oxigenação e drenagem, bem como atuam na reciclagem de nutrientes por meio do consumo de material vegetal, auxiliando na degradação da matéria orgânica e na sua incorporação ao sedimento (RAMOS, 2012).

Os metais pesados tendem a acumularem-se neste crustáceo, a citar o Cu e Zn -, normalmente em sua musculatura, enquanto outros não essenciais – a citar o Fe -, se depositam sob a forma de grânulos no hepatopâncreas. Para o caranguejo-uçá, nesta mesma estrutura morfológica, encontram-se grânulos de fosfato que propiciam o acúmulo de metais pesados, por interação com íons Ca, e outros cátions, que competem com esse mesmo sítio de ligação (CORRÊA JÚNIOR *et al.* 2000; JESUS *et al.*, 2003 *apud* SILVA *et a.*, 2011).

Já as brânquias, órgãos responsáveis pelas trocas gasosas nos crustáceos, possuem uma morfologia peculiar consistindo de uma série de lâminas pareadas ao longo de pedúnculo central. Segundo Valetin Neto (2004) essas são estruturas que auxiliam na excreção e ionorregulação dos crustáceos.

No que tange as glândulas digestivas ou hepatopâncreas, podemos dizer que essas são estruturas pares, que variam do amarelo claro intenso ao escuro. Possui função digestiva, absorção de nutrientes, além de estocagem e secreção de substâncias. Corrêa Júnior *et al.* (2000) observaram que além das funções supracitadas este órgão pode acumular e eliminar metais pesados como Chumbo e Cádmio.

Alguns estudos (HARRIS; SANTOS, 2000; SALVADOR *et al.*, 2007) foram realizados a fim de quantificar os níveis de contaminantes nos tecidos desta espécie, caranguejo-uçá, incluindo metais e hidrocarbonetos. Porém, embora esse espécime seja uma fonte alimentar bastante importante na dieta humana, principalmente ao se tratar da BTS, poucos estudos foram realizados a fim de identificar os níveis de

⁶ O termo eurialinos é utilizado para caracterizar animais e plantas que possuem adaptações fisiológicas para suportarem largas faixas de variação de salinidade. Moluscos, crustáceos e peixes que vivem em estuários de rios, onde a salinidade varia de acordo com as marés, são exemplos de animais eurialinos (BRANCO 1993).

metais em seus tecidos, e assim avaliar os riscos do seu consumo para a saúde humana.

Deste modo, a investigação dos teores de metais pesados nesta espécie é extremamente relevante, uma vez que este organismo é um dos principais crustáceos utilizados pela população ao longo da Baía de Todos os Santos, podendo assim favorecer a transferência destes contaminantes ao homem. Do mesmo modo, considerando seu hábito e ecologia, os níveis de metais encontrados nestes organismos podem oferecer importantes informações a respeito das condições do ambiente no qual está inserido.

5 METODOLOGIA

O processo metodológico se inicia com o estabelecimento de pontos de coleta para obtenção das amostras de caranguejos-uçá. Neste momento foram avaliadas as condições de logística (transporte para o campo, aluguel de barco, contratação de pescadores e catadores caranguejos), além de condições do rio e incidência do crustáceo. Para obtenção das amostras foram estabelecidos os pontos de coleta, sempre os associando a pesquisas anteriores e seguindo a seguinte ordem:

- P01 - ponto de coleta no curso do Rio Subaé, primeiro ponto após a região urbana;
- P02 - ponto de coleta no curso do Rio Subaé, mais próximo à indústria referida e em perímetro urbano;
- P03 - ponto de coleta próximo à antiga escola de Agronomia de São Bento das Lajes;
- P04 - ponto localizado na extremidade norte da ilha de Cajaíba que funciona com divisor de águas;
- P05 - ponto localizado na ilha próximo ao distrito de São Brás;
- P06 - ponto em São Francisco do Conde, na ilha de Cajaíba.

A partir das figuras 3 e 4 que seguem são possíveis visualizar como os pontos de coletas são distribuídos ao longo do Rio Subaé. Sendo possível visualizar também a cidade de Santo Amaro – BA e localização da fábrica de beneficiamento de minério de chumbo.



Figura 2: Mapeamento dos pontos de coleta através das coordenadas geográficas
Fonte: OLIVEIRA (2010)

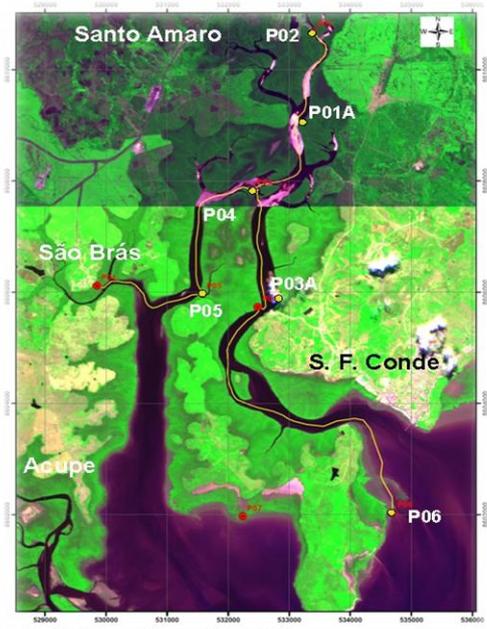
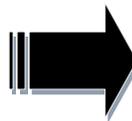


Figura 3: Mapeamento, por imagem de satélite, dos pontos de coleta
Fonte: Secretaria Estadual do Meio Ambiente

Todos os pontos de coleta foram registrados usando coordenadas geográficas, com auxílio de um aparelho de sistema de posicionamento global (GPS) e identificadas visualmente com auxílio de fitas zebradas. Sendo assim, os espécimes foram coletados nos 06 pontos, conforme as coordenadas que seguem em Tabela.

Tabela 1: Coordenadas geográficas em função da distância da fábrica em km

Ponto	Leste	Norte	Distância da fábrica - km
Fábrica	0529643	8613778	0
P 02	0533386	8610674	4,866
P 01	0533165	8609100	5,856
P 04	0532394	8607834	6,530
P 04B*	0532453	8607884	6,550
P 05B*	0531564	8605998	8,014
P 05	0531578	8605970	8,044
P 03 A	0532788	8605838	8,540
P 06	0534431	8602268	12,466

* *margem oposta*

No processo de captura dos espécimes foi necessário o auxílio de pescadores locais, os quais colaboraram no transporte do barco até os pontos de coleta e na captura os animais, utilizando a técnica de captura por “braceamento” (Figura 4).



Figura 4: Técnica de captura por “braceamento”
Fonte: Fábio Oliveira (2011)

Após a captura, os espécimes foram acondicionados em sacos plásticos adequados e transportados até a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Centro de Ciências da Saúde (CCS), *campus* de Santo Antônio de Jesus-

BA, para manter a integralidade dos espécimes que permaneceram vivos até as etapas posteriores de manipulação.

No laboratório da UFRB, foi realizado a limpeza dos animais coletados com água destilada, para remoção de resíduos aderidos que pudessem interferir nos resultados das análises. Para registro de dados dos espécimes, foi necessário a introdução dos mesmos ao estágio de letargia, por exposição em banho de gelo. Estando em estágio letárgico, se inicia o processo de registro dos sexos, condições fisiológicas (muda e reprodução que não foram avaliadas neste trabalho), assim como dados biométricos: peso total, largura e comprimento do cefalotórax, largura do quinto somito abdominal, comprimento do própodo quelar. (CERVIGÓN, *et al.*, 1992; MELLO, 1996). Para a definição de fase de crescimento foi utilizado os índices propostos por HATTORI (2002) (Tabela 2).

Tabela 2: Fases de desenvolvimento do caranguejo-uçá

Fase de desenvolvimento	Largura cefalotorácica (Lc)
Fêmeas	(mm)
Jovem	Lc <39
Pré-púbere	39 < Lc < 51
Sub-adulto	51 < Lc < 58
Adulto	Lc > 58
Machos	-
Jovem	Lc <32
Pré-púbere	32 < Lc < 51
Sub-adulto	51 < Lc < 59
Adulto	Lc > 59

Os animais foram sacrificados empregando à punção sobre o gânglio supra-esofágico e em seguida dissecados, utilizando material cirúrgico inoxidável para remoção das porções de brânquias, hepatopâncreas e tecidos musculares. Em seguida, foram individualmente pesados e transferidos para recipientes plásticos, previamente descontaminados, e acondicionados em congelador a uma temperatura inferior a -30°C para posterior tratamento.

Para secagem das amostras foi empregado o processo de liofilização, no qual as amostras previamente congeladas em um ultrafreezer, em temperatura inferior a -30°C, para que, posteriormente, fossem levadas ao liofilizador (Figura 5), onde permaneceram por cerca de 12 horas ou até a pressão ser reduzida abaixo de 150

μmHg . Para obtenção do percentual de umidade foi realizada a pesagem das amostras antes e após a liofilização. Para o cálculo utiliza-se o peso úmido (PU) sobre o peso seco (PS) dividido por 100, assim representando o percentual de umidade perdida no processo de liofilização.



Figura 5: Sistema de liofilização

Após remoção de toda umidade, as amostras foram pesadas novamente e trituradas, utilizando um almofariz e pistilo de porcelana, homogeneizadas e com separação de tamanho de partículas, com auxílio de uma malha analítica de nylon de 400 e 200 μm de abertura, até se obter amostras com distribuição mais uniforme de tamanho de partículas.

Posteriormente a trituração foram preparadas amostras do tipo compostas, obtidas pela mistura de um mesmo órgão-tecido de até 03 diferentes espécimes coletados no mesmo ponto e data de coleta, do mesmo sexo, mesmo estágio de desenvolvimento, para obter massa de amostra representativa para processamento. No caso das brânquias, por conta da massa da amostra composta ser muito baixa, os ensaios foram realizados em duplicata, para músculo e hepatopâncreas foi utilizado o tratamento em triplicata.

Diversos procedimentos foram comparados para a digestão ácida destas amostras (RAMOS, 2012; EILLIAM; EPA, 1991; FRANCHI, 2011; OLOWU et al, 2010; CARVALHO et al, 2006). Neste estudo comparativo de procedimentos de digestão foram identificados pontos positivos e negativos de cada procedimento, até que se alcançasse o modelo utilizado no processo de digestão para este trabalho. Contudo, foi possível constatar que a maioria dos procedimentos descritos na

literatura não resultou em digestão completa dos materiais, o que impossibilitou a reprodução daqueles métodos no laboratório.

Por isso, foram realizados diversos ajustes para tentar aperfeiçoar o resultado, sempre modificando a massa (200 mg, 150 mg ou 100 mg), ou a temperatura da digestão (100°C, 120°C ou 140°C).

O protocolo de digestão sugerido e utilizado neste estudo, a partir dos ensaios de otimização, foi: 200 mg de amostra em tubos digestores; 5mL de ácido nítrico concentrado (over-night 12h) à 50°C; aquecimento gradativo até a temperatura máxima de 140°C, por um período de 4 horas; resfriamento seguido da adição de 2 mL de peróxido de hidrogênio P.A; rea aquecimento gradativo até a temperatura máxima de 140°C, por um período de no mínimo 4 horas.

Ressalta-se que todo processo de digestão foi realizado em blocos digestores (Figura 6) equipados com condensadores do tipo “dedo frio”, os quais minimizam perdas de ácido nítrico por evaporação e de analitos mais voláteis, possibilitando a obtenção de melhores níveis de recuperação.



Figura 6: Bloco digestor

Importante salientar que o tecido muscular e hepatopâncreas não apresentaram resistência ao processo de digestão, porém, as brânquias, ao final do processo, apresentavam matéria sólida não digerida (corpo de fundo) sendo necessária a filtração do digerido com papel quantitativo.

Para a determinação dos analitos de interesse foi empregado o espectrômetro de emissão óptica com plasma de argônio indutivamente acoplado (ICP OES), VISTA PRO (Varian, Mulgrave, Austrália) simultâneo com arranjo axial e equipado com detector de estado sólido com arranjo CCD (dispositivo de carga

acoplada) e operando em comprimentos de onda na faixa de 167 a 785 nm. O sistema óptico do ICP OES foi calibrado com solução de referência multielementar e o alinhamento da tocha foi realizado com uma solução de Mn 5,0 mg L⁻¹. As linhas espectrais foram selecionadas considerando-se as intensidades dos sinais de emissão dos analitos e sensibilidade adequada para a determinação de elementos em baixas e altas concentrações. A Tabela 3 ilustra as características e as condições experimentais do ICP OES.

Tabela 3: Parâmetros instrumentais para as determinações por ICP OES

CARACTERÍSTICAS E PARÂMETROS	
Rádio-freqüência do gerador (MHz)	40
Detector	CCD
Diâmetro interno do tubo central da tocha (mm)	2,3
Policromador	Grade de difração <i>Echelle</i> e prisma de dispersão de CaF ₂
Faixa de comprimento de onda (nm)	167 – 785
Câmara de nebulização	<i>Sturman-Masters</i>
Nebulizador	Ranhura em V
Potência de medida (W)	1200
Tempo de integração do sinal (s)	2,0
Vazão do gás do plasma (L min⁻¹)	15
Vazão do gás auxiliar (L min⁻¹)	1,5
Vazão gás de nebulização (L/ min)	0,70
Elementos e comprimentos de onda (nm)	Cd 226,502; Pb 220,353

Para interpretação dos resultados obtidos no equipamento (ICP-OES) foram feitos cálculos utilizando o *Excel 2007* para Windows 2007, convertendo os dados fornecidos pelo aparelho em mg/L para mg/Kg e assim podendo ter efeito comparativo com as legislações e estudos anteriores.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 ANÁLISE DE CÁDMIO E CHUMBO EM AMOSTRAS DE CARANGUEJO-UÇÁ

No presente trabalho foram digeridas e analisadas 52 amostras obtidas de 83 (oitenta e três) espécimes de caranguejo-uçá, usadas para avaliação enquanto bioindicadores para o monitoramento da qualidade ambiental de manguezais do entorno de Santo Amaro-BA. Os resultados apresentados foram obtidos através de cálculos utilizando a massa úmida das amostras para efeito comparativo com a legislação vigente.

As coletas dos animais foram realizadas em 04 incursões, distribuídas entre novembro de 2012 a outubro de 2014. Os quantitativos seguem representados abaixo.

Tabela 4: Quantitativo de espécimes coletas por grupos e data de coleta

DATA DE COLETA	PONTOS COLETADOS	QUANTIDADE DE ESPÉCIMES
10 de Novembro de 2012	P03 P04	24 animais
28 de Fevereiro de 2013	P01P03 P05 P06	25 animais
27 de Maio de 2013	P01 P04 P05	10 animais
26 de Outubro de 2013	P01 P02 P03 P04 P05	24 animais

Fazendo uma análise quantitativa dos espécimes coletados, foi obtida uma amostragem em percentual superior dos machos, em uma predominância de 67%, o que equivale em números absolutos a 35 amostras analisadas, e 33% para fêmeas, o que equivale a 17 amostras, valor próximo ao encontrado por SUZUKI (2009). Importante relatar que os exemplares foram sexados segundo FISCARELLI (2001).

O maior número de machos coletados em relação às fêmeas deve-se ao fato dos machos ficarem mais tempo expostos na superfície, haja vista que esses defendem e disputam território para atrair as fêmeas, o que facilita a captura manual dos machos (SASTRY, 1983). A diferença na proporção sexual também pode ser

resultante de outros fatores, como efeito de sobrepesca, época reprodutiva-muda, a disponibilidade e abundância de alimento (FACHÍN-TERÁN; VOGT; THORBJARNARSON, 2003; CASTIGLIONI; NEGREIROS-FRANSOZO; MORTARI, 2006).

No que tange a contaminação por metais pesados, em especial o chumbo e cádmio, Phillips et al. (1982) afirmam que esses podem entrar nos ecossistemas aquáticos através da descarga de rejeitos urbanos, agrícolas e industriais. A sua alta concentração média, observada nos caranguejos amostrados durante o período das coletas, pode ser decorrente da exposição de tais metais pesados, de forma concentrada, na biota.

A Resolução da Diretoria Colegiada (doravante RDC) nº42, de 29 de agosto de 2013, aprova o regulamento técnico para limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos. De acordo com a RDC, para ser considerado um alimento inadequado ao consumo humano, esse deve conter valor superior a 0,5 mg/kg (peso úmido), tanto para chumbo quanto para cádmio.

Tabela 5: Valores referentes a níveis máximos de contaminantes inorgânicos em massas úmidas

RESOLUÇÃO - RDC Nº 42/2013	Pb em mg/kg	Cd em mg/kg
Peixes crus, congelados ou refrigerados	0,30	0,05 *
Moluscos cefalópodos	1,00	2,00
Moluscos bivalvos	1,50	2,00
Crustáceos	0,50	0,50

*Com as seguintes exceções: bonito, carapeba, enguia, tainha, jurel, imperador, cavala, sardinha, atum e linguado se estabelece 0,10 Para melva se estabelece 0,20 e para anchova e peixe espada se estabelece 0,30.

Para um panorama quantitativo dos níveis de chumbo e cádmio encontrados nas amostras coletadas, pode-se observar a Figura 7.

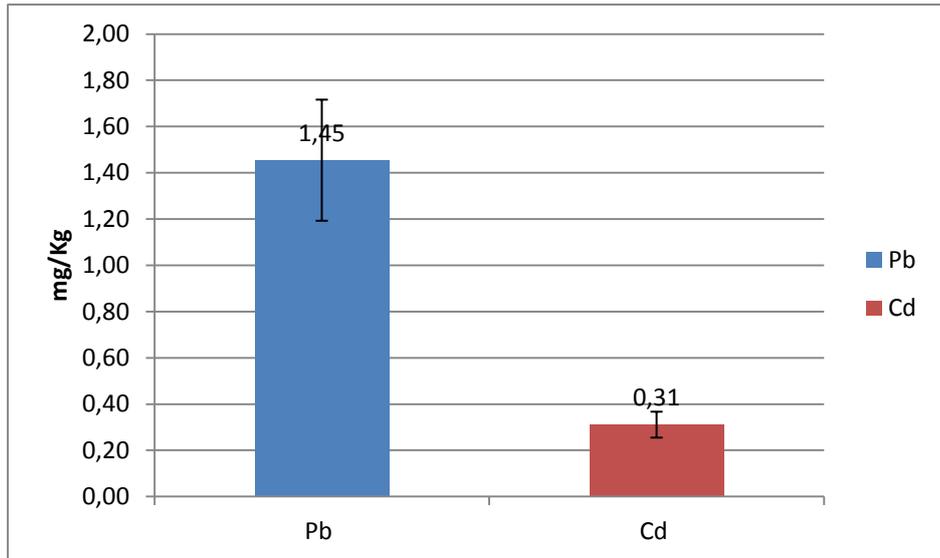


Figura 7: Média global de chumbo e cádmio

Os resultados obtidos através da análise de caranguejos-uçá, no estuário do rio Subaé, apresentam valores médios para chumbo de 1,45mg/kg em valores absolutos, o que corresponde aproximadamente, a 3 (três) vezes superior ao que é apontado pela RDC. Sendo assim, considerando o histórico da região e os diversos estudos realizados, a ingestão destes crustáceos podem apresentar riscos à saúde. Para o cádmio, os valores médios encontra-se dentro do que é preconizado por lei 0,31mg/kg, porém algumas amostra apresentaram concentrações superiores a legislação.

Ao avaliar a influência do sexo dos espécimes, conforme ilustrado na Figura 8 não foram observadas diferenças significativas entre as concentrações de chumbo e cádmio ao comparar machos e fêmeas.

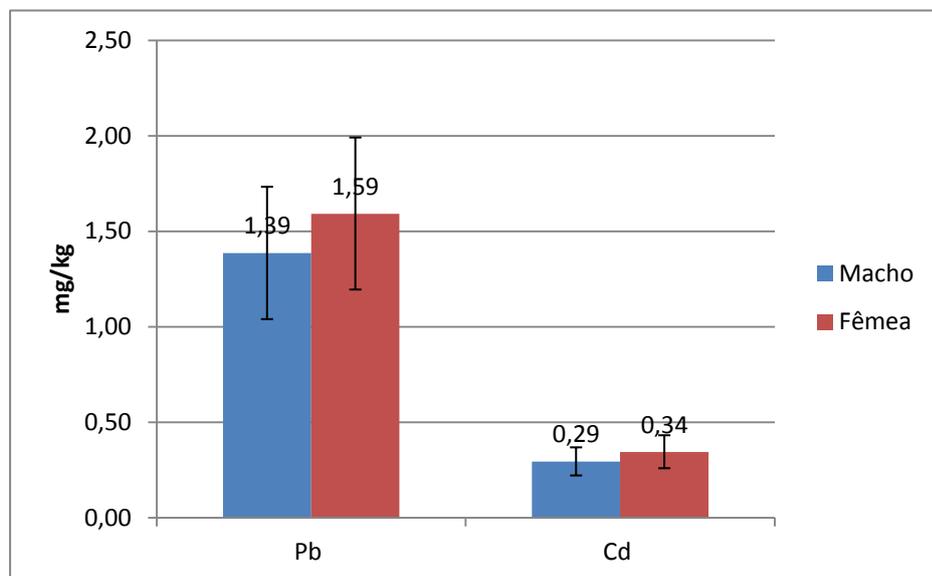


Figura 8: Comparativo de chumbo e cádmio em função do sexo

Ressalva-se que valores levemente superiores de concentrações de chumbo e cádmio foram obtidos em fêmeas, sendo 1,59 mg/kg para Pb e 0,34 mg/kg para Cd. Esses resultados são semelhantes aos verificados nos caranguejos da espécie *Heloecius cordiformis* (MACFARLANE *et al.*, 2000) e *Cancer pagurus* (BARRENTO *et al.*, 2009), nos quais nas verificou-se que fêmeas apresentaram maiores concentrações de metais ao serem comparadas com os machos.

WOLL (2006 *apud* RAMOS, 2012) acredita que hábitos migratórios distintos entre machos e fêmeas podem refletir em padrões diferenciados no hábito alimentar, os quais podem ser mais ou menos diversificados, podendo assim influenciar no tipo e na concentração dos metais assimilados. Diferenças na bioacumulação de metais entre os sexos podem também serem relacionadas às taxas de crescimento e às atividades metabólicas diferenciadas

No Brasil, o IBAMA é quem estabelece através da lei 122/2001 os parâmetros para coleta deste crustáceo, sendo o tamanho mínimo 60 mm de largura de cefalotórax para a captura de animais que, segundo Pinheiro *et al.* (2005), corresponde para machos 3,8 anos e para fêmeas 4,7 anos. Para obtenção dos intervalos de classes morfológicas foi utilizado dados referentes aos valores mínimo e máximo da largura da carapaça, os quais auxiliaram a determinação e constituição das amostras compostas, por agrupamento, descritas na metodologia e utilizadas neste trabalho.

A Figura 9 apresenta dados obtidos através da análise das amostras por fase de crescimento - adulto, sub-adulto, pré-púbere -, evidenciando que quanto maior o tempo de exposição dos indivíduos maior a concentração dos metais nos seus tecidos e órgãos.

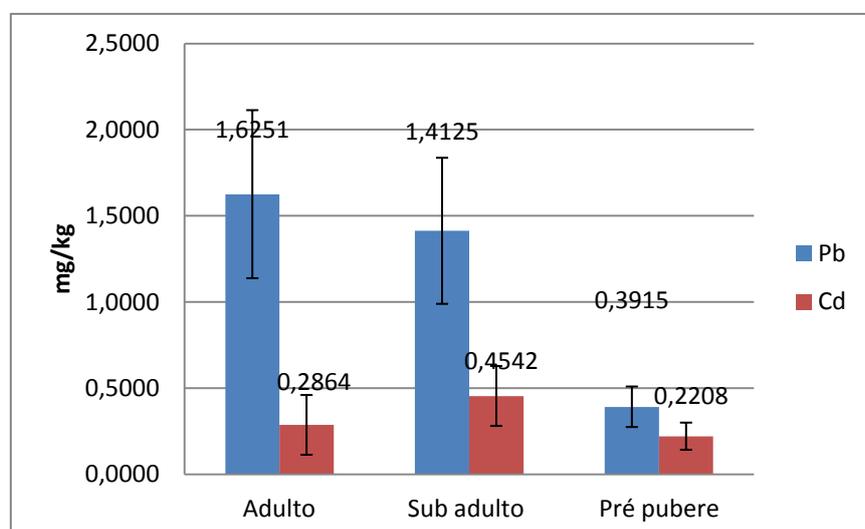


Figura 9: Comparativo de chumbo e cádmio em função da fase de crescimento

Os dados demonstram que as fases “sub-adulto e pré-púbere” apresentam desvios padrões maiores que os encontrados para adultos, o que pode ser justificado devido ao quantitativo de amostras analisados para estas fases de desenvolvimento.

Segundo CASTILHO (2006) a capacidade de ciclagem de matéria orgânica do caranguejo-uçá lhe expõe ao risco de absorver metais depositados em seu habitat, assim conferindo-lhe grande capacidade de ser utilizado como bioindicador em áreas vítimas de contaminação ambiental, pois esses caranguejos acumulam vários metais em seus tecidos, mesmo apresentando mecanismos de desintoxicação, em geral, a maioria dos metais se acumula no hepatopâncreas, provavelmente, devido seu papel desintoxicador (PINHEIRO et al., 2012).

O acesso dos metais nos caranguejos pode ocorrer através da ingestão de alimento contaminado, que é absorvido no intestino do animal, ou pelo contato com a água, através de estruturas permeáveis, como as brânquias (RAINBOW, 1997; AHEARN MANADAL; MANDAL, 2004). Em seguida, tornam-se disponíveis nas estruturas corpóreas do organismo (como o tecido muscular), onde desempenham papel metabólico ou, no caso de se encontrarem em concentrações acima do normal, são alocados para regiões específicas, em que seus efeitos tóxicos são minimizados (RAINBOW, 1997).

Após a análise dos tecidos pré-definidos, foi constatado que as brânquias configuraram-se como principal local de armazenamento de chumbo e cádmio entre os tecidos analisados. Os dados podem ser visualizados na Figura 10 que segue:

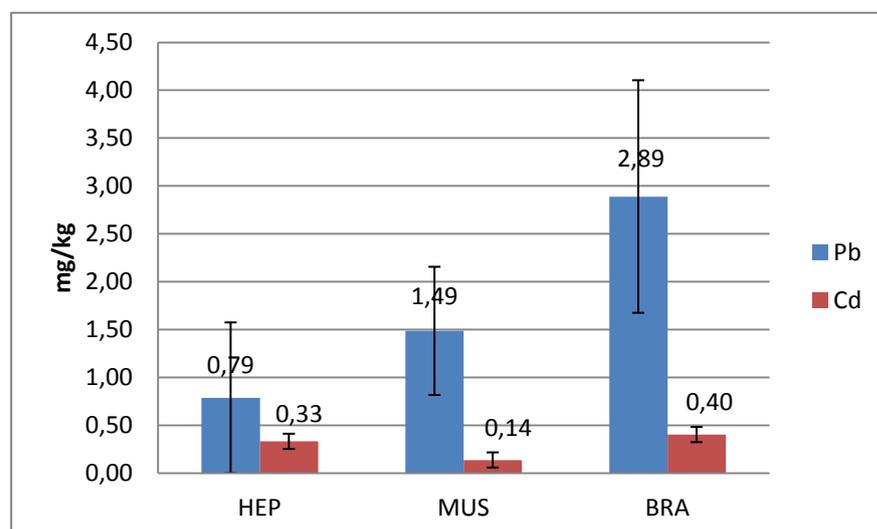


Figura 10: Comparativo de chumbo e cádmio em função dos tecidos/órgãos

As brânquias apresentam, em valores médios absolutos 2,88 mg/kg de Pb e aproximados, a três vezes superiores aos identificados nos hepatopâncreas e duas vezes aos encontrados nos tecidos musculares. Os valores encontrados nas brânquias podem estar relacionados ao principal sítio para as trocas iônicas e respiratórias que, muitas vezes, é o primeiro alvo de poluentes, uma vez que, em virtude da alta permeabilidade, possibilita uma adsorção passiva de metais dissolvidos no meio (BOITEL; TRUCHOT, 1989; RAINBOW, 1988). Também destaca-se o tecido muscular, que também aparece com potencial danoso à saúde, com desvio padrão menor entre os órgãos e tecidos analisados. Por se tratar da parte mais consumida do crustáceo faz-se necessária quantificação da ingestão diária deste componente para avaliação real risco a população exposta. Já o hepatopâncreas, ao contrário do que os estudos anteriores evidenciaram, foi o compartimento com menor acumulação dos metais analisados (RAMOS 2012; SALVADOR, 2007).

Conforme descrito na metodologia, as amostras digeridas e analisadas foram provenientes de 6 (seis) pontos de coletas, porém a distribuição do quantitativo das amostras não se deu de forma uniforme, devido a questões de maré, proximidade a áreas urbanas, baixa população do crustáceo e logística de transporte terrestre entre outros fatores. Sendo assim, segue o gráfico com percentual do quantitativo de amostras em função do ponto de coleta.

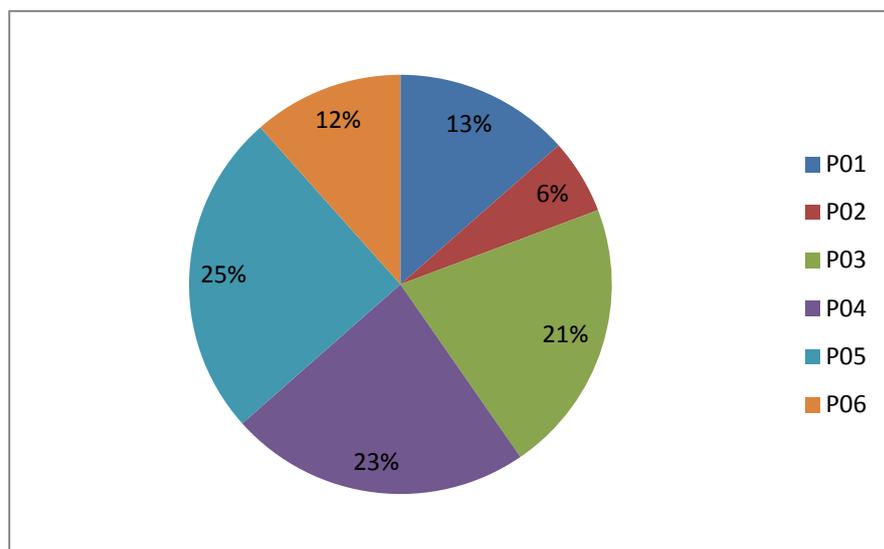


Figura 11: Quantitativo de amostras em função do ponto de coleta

Em termos percentuais, o ponto 5 tem maior representatividade, já o P02 obteve um quantitativo inferior aos demais pontos, sendo esse passível de significância menor.

Na Figura 12 é possível verificar que a distribuição de chumbo e cádmio não se dá de forma homogênea em todos os pontos de coleta, nem há uma relação de proporcionalidade entre distância da fábrica e níveis de chumbo e cádmio nos espécimes. Por outro lado, os pontos 03, 04 e 05 apresentaram níveis próximos para chumbo e cádmio, o que pode ser explicado devido à proximidade destes pontos.

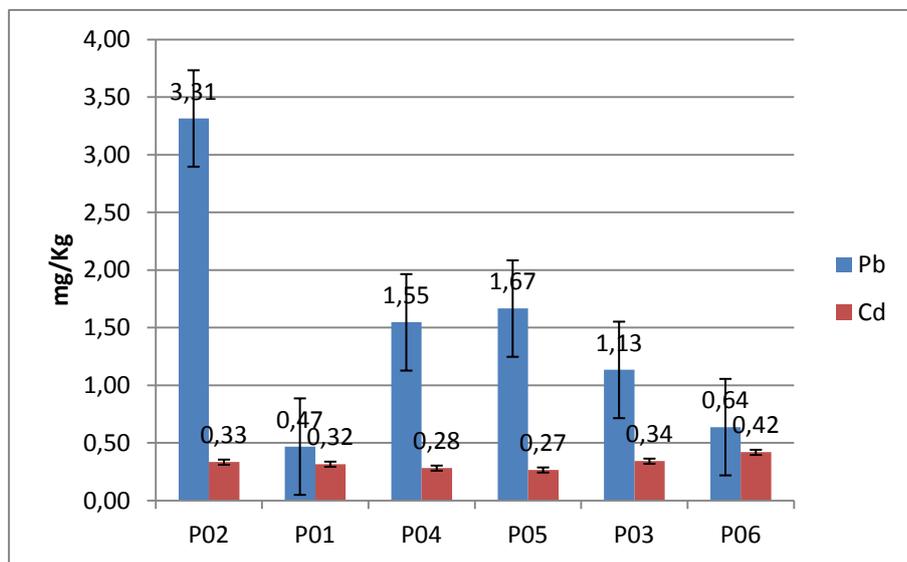


Figura 12: Comparativo de chumbo e cádmio em função da distância da fábrica

Como pode ser observado, foram identificados níveis elevados em cinco pontos de coletas distintos, sendo que os pontos que obtiveram maior índice de chumbo foram respectivamente os pontos 02, 05, 04, 03 e 06, e para cádmio nenhum dos pontos de coleta apresentaram valores superiores ao sugeridos pela legislação atual (ANVISA, 2013).

O ponto 02 apresenta maiores níveis de chumbo, sendo que, mesmo neste ponto o número de amostras tendo sido baixo, há diferenças estatisticamente significativas entre a concentração média de chumbo no ponto 02 quando compara-se aos demais locais de amostragem. ANJOS (2003) afirma que fatores de lixiviação, contenção e assoreamento do rio Subaé, principalmente em regiões de áreas urbanas, gera uma significativa redução da população do crustáceo. Sendo

assim, a busca dos espécimes nos pontos 01 e 02, próximos da planta fabril e áreas urbanas, se desencadearam de forma não uniforme e com amostragem reduzida.

O ponto 04, localizado no extremo norte da Ilha Cajaíba, registra-se altos níveis de chumbo, o que indica um possível ponto de acúmulo destes metais retidos pela barreira natural exercida por esta ilha, que atua como divisor de águas no curso do Rio Subaé. Essa situação é evidenciada também no ponto 03 e 05, em que ambos possuem um recuo em relação às margens e conseqüentemente podem ter retido esse material com o passar do tempo.

No ponto P03, localizado próximo à escola de São Bento das Lages, e no P05, localizado próximo ao distrito de São Brás na ilha de Cajaíba, curso oposto do rio Subaé, apesar de estarem em lados opostos do estuário, apresentam características semelhantes de ritmos de maré e sistemas de recuperação de águas. Sendo assim, os níveis dos metais aferidos se aproximam, mesmo estando em localizações opostas do rio, mas com distâncias semelhantes da fábrica.

Comparando os resultados deste trabalho com estudos realizados com moluscos (*Sururu*), pela Universidade Federal da Bahia, em 1996, na região São Braz e São Francisco do Conde respectivamente os pontos P05 e P06 deste trabalho, indicaram que as concentrações de Cd e Pb, persistem mesmo após 18 anos, nas amostras da biota aquática do rio Subaé. Esses resultados representaram um forte indicativo sobre o risco de consumo de alimentos contaminados pela população humana nas zonas alagadiças do Subaé. De forma análoga aos moluscos, é de grande relevância estudos referentes à concentração de metais em caranguejos, devido a sua ampla aceitação como alimento na região de Santo Amaro.

A partir da análise dos dados apresentados da Figura 12, é possível identificar as potenciais zonas de risco para a coleta e comercialização deste crustáceo. Sendo que a única zona de coleta representada pela baixa quantidade de contaminante foi a do P01 e as demais, segundo RDC nº42, de agosto de 2013, apresentam níveis superiores ao recomendado inviabilizando assim sua exploração.

A Figura 13 que segue representa as médias por datas de coletas para os três tecidos e órgãos analisados

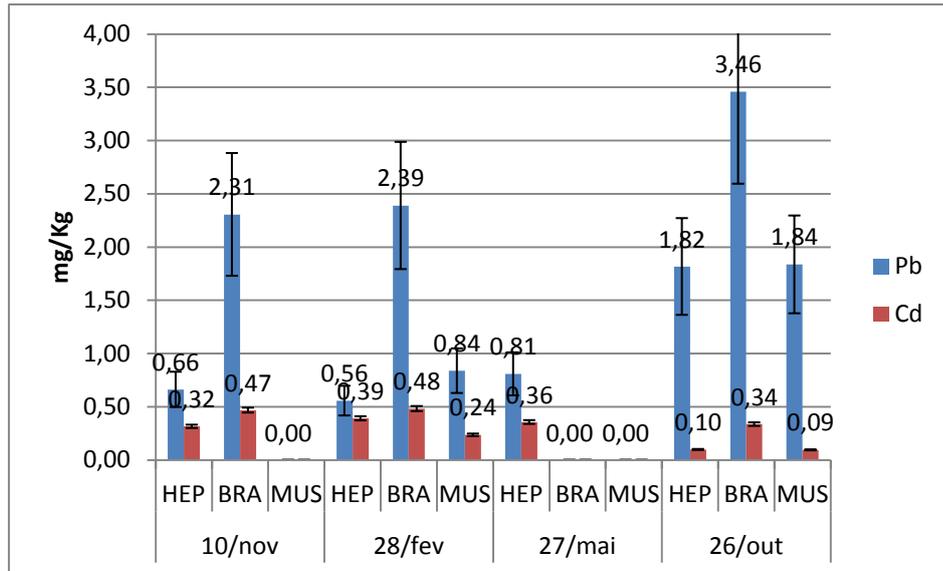


Figura 13: Comparativo de chumbo e cádmio em função das datas de coleta.

Ressalta-se que os tecidos musculares das coletas 10/11/2012 e 27/05/2013 por questões de disponibilidade de equipamentos, pessoal e infraestrutura do campus ainda não foram analisados conforme o evidenciado nesta Figura, o mesmo vale para as brânquias da coleta 27/05/2013.

É importante ressaltar que em todos tecidos e órgãos analisados por coleta os valores de Pb encontram-se elevados o mesmo não acontece para Cádmio.

A próxima Figura representa o acumulado de oito dias de precipitação e as concentrações médias de chumbo e cádmio por datas de coletas para os três tecidos e órgãos analisados

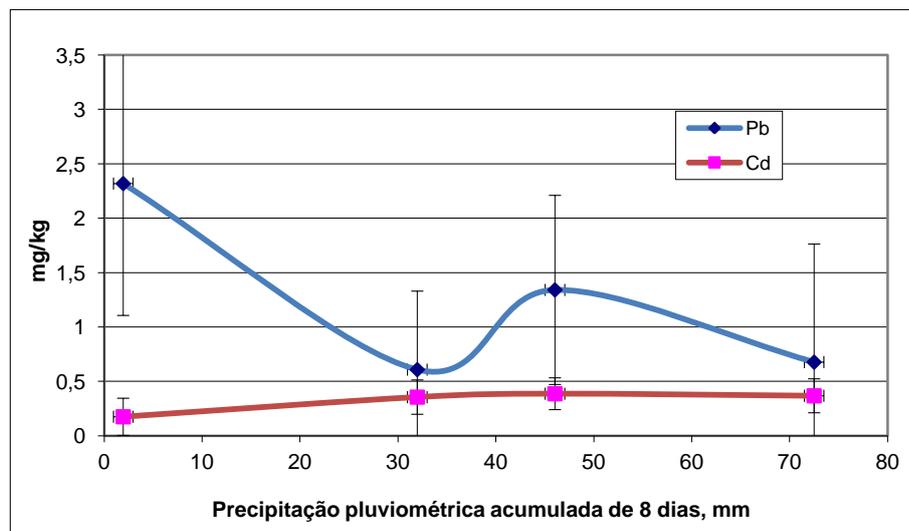


Figura 14: Precipitação pluviométrica acumulada em mm em função da concentração média de todos os compartimentos analisados.

A partir da elaboração deste gráfico, é possível fazer uma associação entre o índice pluviométrico e a concentração média nas amostras. Observa-se, em média, quanto maior a precipitação acumulada de oito dias menor a quantidade de chumbo acumulado nos compartimentos dos animais. No caso do cádmio, há um comportamento diferente, onde há certo crescimento da concentração média em função dos primeiros aumentos da precipitação pluviométrica, tendendo a estas concentrações médias permanecer aproximadamente constantes em função de maiores aumentos da incidência de chuvas.

Os fenômenos envolvidos durante a precipitação pluviométrica incluem o transporte de metais presentes no solo para o estuário, contribuindo assim para o aumento da quantidade de metais e o mesmo tempo a diluição destes contaminantes pelo aumento do volume de água do rio. Assim, se pode associar as relações entre a diminuição dos teores médios de chumbo com aumento das chuvas com o fenômeno da diluição, enquanto que para o cádmio o aumento dos níveis deste metal com maior incidência de chuva pode ser associado com transporte pela água das chuvas do solo para o estuário do rio Subaé.

Como não há referências para esta comparação o autor propõe que quanto maior a coluna de água no estuário menor será a concentração de chumbo nos sedimentos e conseqüentemente na Biota. Essas analogias reafirmam a importância de realização de novos estudos, para a comprovação desta hipótese.

6.2 POSSÍVEIS RISCOS À SAÚDE ASSOCIADOS AO CONSUMO CARANGUEJO-UÇÁ NA REGIÃO DO ESTUÁRIO DO RIO SUBAÉ

O homem necessita de pequenas quantidades de alguns metais pesados como o Co, Cu, Mg, Sr, Zn para a realização de funções vitais no organismo. Portanto, esses metais são considerados micronutrientes, uma vez que sua dose pequena diária é necessária e níveis excessivos desses elementos podem causar extrema toxicidade. Já outros metais pesados como o Hg, Pb e Cd não possuem nenhuma função dentro dos organismos e a sua acumulação pode provocar graves doenças, sobretudo nos mamíferos. Quando lançados como resíduos industriais, na água, no solo ou no ar, esses elementos podem ser absorvidos pelos vegetais e

animais das proximidades, provocando graves intoxicações ao longo da cadeia alimentar (PEREIRA, 2012).

O chumbo se insere no corpo humano por diversas vias: cavidade oral, nasal ou por contato dérmico, assim, através dessas vias podem atingir diversos componentes do organismo como: sistema respiratório, digestório, e corrente sanguínea. Em níveis tolerados, o organismo elimina o metal através das fezes e urina, mas se esta quantidade for superior limite máximo tolerável, a capacidade de eliminação do corpo fica comprometida e começam a surgir possíveis complicações de saúde. Dentre estes, tem-se a anemia, fadiga, dores de cabeça, perda de peso e constipação. Atingindo níveis exageradamente elevados, pode causar dano cerebral, renal ou até mesmo a morte (MAVROPOULUS, 1999; PEREIRA, 2012).

Após a absorção, o chumbo é distribuído no organismo em escala diferente. No sangue, o chumbo que circula está quase sempre associado às hemácias, que são associadas ao transporte de nutrientes no organismo a nível celular devido à presença da hemoglobina, dessa forma o metal é facilmente transportado pelo corpo, sendo distribuído aos tecidos moles (maiores concentrações no fígado e rins) e aos ossos e dentes. É no tecido ósseo que o metal é armazenado em maior concentração, sendo cerca de 90% do chumbo encontrado no organismo sob a forma de trifosfato. O chumbo pode apresentar meias-vidas diferentes a depender do local de deposição do metal no organismo (SOUZA NETO et al, 2009).

Embora não exista uma dose letal mínima para o chumbo, parece haver uma associação com taxas de mortalidade aumentadas para populações expostas, principalmente ocupacionalmente, resultando principalmente de cânceres, doença crônica renal (nefrose, nefrite) hipertensão arterial e doença cerebrovascular (LUSTBERG; SILBERGELD, 2002 *apud* SOUZA NETO et al, 2009).

Para o cádmio há intoxicação crônica por inalação de poeiras ou vapores ou ingestão de alimentos contaminados, e os rins e os ossos são os principais órgãos afetados. O cádmio provoca uma alteração nos túbulos renais com perda de proteínas na urina (proteinúria) e significativa perda da taxa de filtração glomerular e assim ocasionando perda de função renal. O valor crítico para a presença de cádmio no rim é de 10µg/g de creatinina após isso pode ocorrer a nefropatia irreversível. Nos ossos causa um quadro de osteomalacia e osteoporose com fraturas

espontâneas e fissuras pela perda renal de fosfato de cálcio, com fortes dores. Pode também afetar os pulmões, cujas lesões precedem as renais, com a instalação de uma síndrome obstrutiva e enfisema. O fígado pode sofrer degeneração gordurosa e pode haver anemia (ATSDR, 1999 *apud* SOUZA NETO et al 2009).

A partir dos estudos avaliando o enriquecimento dos sedimentos através de Pb e Cd oriundos da indústria no estuário do rio Subaé, estes constataram concentrações elevadas de cádmio em ostras, siris e sururus do estuário. Confirmada a contaminação nos mariscos, foram realizados estudos para populações consumidoras (RAMOS, 2012).

Em um estudo realizado em três vilas de pescadores do estuário do rio Subaé e uma população de pescadores do sul do Estado da Bahia, portanto não exposta ao risco. O resultados evidenciaram níveis significantes de metais Pb e Cd nos pescadores do rio Subaé em relação à população referência (ANJOS 2003; SOUZA NETO et al, 2009)

As atividades de coleta de mariscos e a pesca artesanal são uma importante fonte de renda para mais de 5000 famílias que habitam o Recôncavo da Bahia. Visto a importância de algumas espécies biológicas para a região, vários estudos foram realizados na BTS para a determinação de metais nesta matriz (HATTJE; ANDRADE, 2009).

O caranguejo-uçá é vastamente encontrado em quase toda a região litorânea do Brasil, em especial na região Nordeste, que o animal é um importante recurso econômico e importante fonte de renda para as populações estuarinas e importante proteína animal para diversas comunidades. Sendo a musculatura como principal estrutura utilizada como fonte alimentar, ocorrendo o descarte das demais partes do animal. (PINHEIRO; FISCARELLI, 2000; SOUZA JUNIOR, 2013).

Mesmo todos os compartimentos do caranguejo-uçá analisados apresentaram níveis elevados, é incoerente afirmar que existe risco de contaminação por metais pesados através do consumo do caranguejo. Uma vez que se faz necessário a realização de estudos avaliando a frequência e quantidade média consumida por indivíduos da população exposta para a avaliação do risco de contaminação.

Mesmo que os resultados aqui apresentados para hepatopâncreas e brânquias estivessem dentro do preconizado pela legislação, é relevante destacar

que o modo de preparo do caranguejo, sendo comum a técnica de cocção do animal inteiro. Há também uma utilização do caranguejo no preparo de pratos típicos. Sendo assim, alimentos preparados a partir do caranguejo como um todo, como pirão, caldo moqueca, entre outros, podem conter metais oriundos de órgãos que não são frequentemente consumidos pela população (hepatopâncreas e brânquias) (SOUZA JÚNIOR, 2013).

Avaliações e monitoramento do caranguejo-uçá são de extrema importância, pois esse animal é um relevante gerador de renda para muitas famílias de comunidades estuarinas, além de ser consumido por grande parte da população. Para avaliar os riscos alimentares decorrente do consumo do caranguejo, devem-se analisar os níveis de contaminação não só da musculatura do animal, mas sim de todos os tecidos e órgãos constituintes e assim, compará-los com os valores de referência determinados pela reformulada e mais específica legislação brasileira. Esta dispõe sobre a quantidade máxima de contaminantes inorgânicos para pescados, moluscos (cefalopodos e bivalvos) e crustáceos em mg/kg através da Resolução RDC Nº42, de 29 de agosto de 2013 (BRASIL, 2013).

As estimativas de risco alimentar podem ser realizadas através do cálculo da dose de exposição (descrito a baixo), que apresenta uma ideia da quantidade de substâncias que podem estar entrando em contato com os seres humanos através da alimentação (SOUZA NETO et al., 2009).

$$\text{Dose de exposição é igual} = \sum \frac{C_i \times T_{li} \times F_e}{P_{co}}$$

C_i = concentração do contaminante no grupo de alimentos (mg/kg)

T_{li} = taxa de ingestão do grupo de alimentos i (kg/dia)

F_e = fator de exposição

P_{co} = peso corporal

Após a realização do cálculo Tabela 7, avaliando risco alimentar através das médias encontradas nas amostras através dose de exposição é possível evidenciar

que tanto para chumbo quanto para cádmio os valores encontrados após a realização do cálculo, encontram-se dentro do limite de ingestão de alimento contaminado da diretriz PTWI (Provisionally Tolerable Weekly Intake) (JECFA, 1993).

Porem ressalta-se que a taxa de ingestão de grupos de alimentos (Tli) é uma constante formulada para população de modo geral e leva em consideração a frequência de consumo semanal de apenas 1 vez por semana do alimento analisado, diferente da população de risco, como é o caso deste trabalho que tem como principal fonte de proteína animal os mariscos e pescados coletados em áreas de risco. Sendo assim a elaboração de uma constante referente ao fator de exposição (Fe) para uma população de risco poderá definir o risco alimentar associado ao consumo destes crustáceos alem dos outros pescados de forma mais fidedigna.

Tabela 7: Estimativa de risco alimentar

Limites máximos tolerados		Valores encontrados em mg/kg
Limite de Pb	0.0015mg/kg/dia	0,00029
Limite de Cd	0,0002mg/kg/dia	0,000062

Tabela 8: Valores considerados para o cálculo

Valores considerados para cálculo⁷	
Ci chumbo	1,45 mg/kg
Ci cádmio	0,31 mg/kg
Ti adultos	0,1 kg/refeição
Ti crianças	0,05 kg/refeição
Fator de exposição	0,14
Peso corpóreo adulto (7)	70 kg
Peso corpóreo criança (6)	30 kg

⁷ Condições assumidas para o cálculo: Concentração de metais em amostras em mg/kg; Taxa de ingestão de crustáceos para adultos = 0.1 kg / refeição, Fator de exposição: cálculo feito a partir da frequência de 1 dia de refeição por semana, com duração exposição de 70 anos e tempo de exposição de 70 anos = 0,14; Valor padrão de peso corporal (percentil 50) para adulto (ATSDR, 1999; SOUZA NETO et al., 2009).

Devido a todo o conteúdo exposto, verifica-se a importância de estudos sobre os riscos alimentares à saúde humana decorrentes do consumo desses metais pesados, uma vez que estes, diferentes agentes biológicos de contaminação, não são eliminados nos processos de cocção ou de desinfecção utilizados no ambiente doméstico. Neste contexto, verifica-se também a relevância de estudos sobre o caranguejo-uçá, não apenas como bioindicador de impactos ambientais, mas também como uma potencial rota de contaminação humana por via alimentar.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O caranguejo-uçá se mostrou, como um importante bioindicador de contaminação ambiental para zonas costeiras, devido a sua capacidade de absorver e acumular elementos químicos presentes na água, no sedimento e através da vegetação que o animal consome como alimento.

A partir da realização deste estudo foi possível caracterizar a atual situação de contaminação de chumbo e cádmio utilizando as amostras de caranguejo-uçá como bioindicadores da contaminação por metais pesados no ambiente aquático, sendo possível inferir que estes contaminantes encontram-se biodisponíveis e em níveis preocupantes.

Através deste estudo também foi possível avaliar a distribuição geográfica dos níveis de contaminação através de pontos de coletas, avaliando assim potenciais zonas de risco de comercialização dos espécimes, sendo possível identificar que apenas em um dos seis pontos de coleta foi obtida uma concentração média de chumbo abaixo do recomendado pela legislação, enquanto para cádmio em nenhum dos seis pontos de coleta foram identificadas amostras que apresentassem risco de consumo.

Ao comparar os teores de Pb e Cd presentes nas amostras com os limites preconizados pela legislação vigente foi possível verificar que em todos os tecidos e órgãos analisados obteve-se valores médios elevados destes metais configurando assim riscos alimentares associados ao consumo dos crustáceos pela população e comunidade ribeirinha de Santo Amaro – BA.

Assim alcançando todos os objetivos propostos neste trabalho verifica-se a importância de estudos sobre a associação dos índices pluviométricos com as concentrações de metais nos tecidos, os riscos alimentares à saúde humana decorrentes do consumo de alimentos potencialmente contaminados por metais pesados e a formulação de um fator de exposição para populações de risco, uma vez que os descritos na literatura não apresentam valores coerentes para população exposta neste trabalho, inviabilizando o cálculo do risco associado.

REFERÊNCIAS

ABEL, P. D. **Water pollution biology**. Chichester: Ellis Howood, 1989.

AHEARN, G.A.; MANADAL, P.K.; MANDAL, A. Mechanisms of heavymetal sequestration and detoxification in crustaceans: a review. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 174, p. 439-452, 2004.

ALCÂNTARA, M. M. C. In: **Diálogos & Ciência**, Ano IV, nº 12, p. 10 -118, mar, 2010.

AMADO, E. M.; FREIRE, C.A.; SOUZA, M. M. Osmoregulation and tissue water regulation in the freshwater red crab *Dilocarcinus pagei* (Crustacea, Decapoda), and the effect of waterborne inorganic lead. **Aquatic Toxicology**, v.79, p. 1-8, 2006.

ANJOS, J. A. S. A. **Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição por metais pesados: o caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação - BA**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo.

ANJOS, J. A. S. A; SÁNCHEZ, L. E. Plano de gestão ambiental para sítios contaminados de resíduos industriais: o caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 10, n. 4, p. 306-309, 2001.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). **Evaluación de Riesgos en Salud por la Exposición a Residuos Peligrosos**. Servicio Nacional de Información Técnica (SNIT) del Departamento de Comercio de los E.E.U.U. Numero: PB92-147164, 1992.

BARRENTO, S. et al. Macro and trace elements in two populations of brown crab *Cancer pagurus*: Ecological and human health implications. **Journal of Food Composition and Analysis**, v 22, p. 65-71, 2009.

BRASIL. **ANVISA 2013**. Diário Oficial da União – seção. 1Nº 168, sexta-feira, 30 de agosto de 2013. ISSN 1677-7042. p. 33-35.

BECKER, B.K. G. **Meio Ambiente: Matriz do Pensamento Geográfico**. As Ciências Sociais e a Questão Ambiental. Rio de Janeiro: Aped., 1993.

BOITEL, F.; TRUCHOT, J. P. Effects of sublethal and lethal copper levels on hemolymph acid-base balance and ion concentrations in the shore crab *Carcinus maenas* kept in undiluted sea water. **Marine Biology**, v. 103, p. 495-501, 1989.

BORGES, L. M. S.. Alguns aspectos da biologia de *Thais haemastoma* (Gastropoda: Muricidae) e a sua utilização como espécie indicadora de poluição por TBT, nas águas do porto e marina de Ponta Delgada. 1997. Estágio de licenciatura em biologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada. 133 pp.

BRANCO, J. O. Aspectos bioecológicos do caranguejo *ucides cordatus* (linnaeus 1763) (crustacea, decapoda) do manguezal do Itacorubi, Santa Catarina, Br. **Arq. Biol. Tecnol.** v. 36, n. 1, p. 133 – 148, 1993.

CARVALHO, F. M. et al. Chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil. **Rev Panam Salud Publica.** v. 13, n. 1, p. 19 – 24, 2006.

CARVALHO, F. M. et al. Chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil. **Rev Panam Salud Publica.** v. 13, n. 1, p. 19 – 24, 2003.

CASTIGLIONI, D. da S.; NEGREIROS-FRANSOZO, M.L.; MORTARI, R.C. Biologia populacional do caranguejo violinista *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodoidea), proveniente de uma área de manguezal degradado em Paraty, RJ, Brasil. **Revista Atlântica**, 28(2): 73-86, 2006.

CASTILHO, G. G. Aspectos reprodutivos do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (L.) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), na baía de Antonina, Paraná, Brasil. 2006. Dissertação (Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CERVIGÓN, F. et. al. **Guia de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur America.** Roma: Organizacion de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentacion, 1992.

CORRÊA JÚNIOR, J. D. et al. Zinc accumulation in phosphate granules of *Ucides cordatus* 36 *hepatopancreas*. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.33, n. 2, 2010.

DALLINGER, R.; RAIMBOW, P. S. **Ecotoxicology of metals in invertebrates.** Boca Raton: Lewis Publishers, 1993.

EILLIAM. M. D; EPA, M. Sample preparation procedures for spectrochemical determination of total recoverable elements in biological tissues, 1991

FACHIN-TERAN, A.; VOGT, R.C.; THORBJARNARSON, J.B. Estrutura populacional, razão sexual e abundância de *Podocnemis sextuberculata* (Testudines, Podocnemididae) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas, Brasil. **Phyllomedusa**, 2(1): 43-63, 2003.

FRANCHI. Bioconcentration of Cd and Pb by the River Crab *Trichodactylus fluviatilis* (Crustacea: Decapoda), J. Braz. **Chem. Soc.**, Vol. 22, No. 2, 230-238, 2011.

GOES, P. et al. Bioecology of the uçá-crab, *ucides cordatus* (linnaeus, 1763). In : Vitória Bay, Espírito Santo State, Brazil. **Brazilian Journal Of Oceanography.** v. 58, n. 2, p. 153 – 163, 2010.

GOYER R. A. **Toxic effects of metals — lead.** In: AMDUR, M. O.; DULL, J.; KLAASSEN, C.D. eds. Casareh and Doull's toxicology — the basic science of poisons. 4ª ed. New York: Pergamon Press; 1991.

HARRIS, R. R.; SANTOS, M. C. F. **Heavy metal contamination and physiological variability in the Brazilian mangrove crabs *Ucides cordatus* and *Callinectes danae* (Crustacea Decapoda)**. *Marine Biology*, v. 137, p. 691-703, 2000.

HATJE, V.; ANDRADE, J. B. (Org.). **Baia de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos**. Salvador: EDUFBA, 2009.

HEATH, A. G. **Water pollution and fish physiology**. 2. ed. Florida: Lewis Publishers, 1995.

JESUS, H.C. et al. **Avaliação da contaminação por metais pesados em caranguejos e sedimentos de áreas de manguezal do sistema estuarino de Vitória - ES**. 2003. Relatório Técnico - Projeto FACITEC/PMV-S, contrato nº 4985717/2001.

KENNISH, M. J. **Ecology of estuaries: anthropogenic effects**. Boca Raton: CRC Press, 1991.

LINS, J.A.P.N; et al. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 469-484, out./dez. 2010.

MACFARLANE, G. R. et al. The Semaphore crab, *Heloecius cordiformis*: bio-indication potential for heavy metals in estuarine systems. **Aquatic Toxicology**, v. 50, p. 153–166, 2000.

MACFARLANE, G. R.; BOOTH, D. J.; BROWN, K. R. The Semaphore crab, *Heloecius cordiformis*: bio-indication potential for heavy metals in estuarine systems. **Aquatic Toxicology**, v. 50, p. 153–166, 2000.

MACHADO, S. L. et al. Diagnóstico da contaminação por metais pesados em Santo Amaro - BA. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 140-155, 2004.

MARTINEZ, C. B. R.; HARRIS, R. R.; SANTOS, M.C.F. Transepithelial potential differences and sodium fluxes in isolated perfused gills of the mangrove crab *Ucides cordatus*. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part A**, v. 120, p. 227- 236, 1998.

MARTINS, R. J. E. **Acumulação e libertação de metais pesados por briófitas aquáticas**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade do Porto, Porto, Portugal.

MAVROPOULOS, E. **A hidroxiapatita como removedora de chumbo**. 1999. Tese de Mestrado submetida à Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, para obtenção do Título de Mestre em Saúde Pública. Rio de Janeiro.

MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos Brachyura (Caranguejos e siris) do litoral brasileiro**. São Paulo: Plêiade, 1996.

MOREIRA F. R.; MOREIRA J. C.. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Rev Panam Salud Publica**. v. 15, n. 2, p. 119 – 29, 2004.

OLIVEIRA, F. S, Estudo de bioindicadores e biomoduladores para a avaliação dos impactos ambientais por metais pesados em Santo Amaro – BA. Projeto **Edital MCT/CNPq N° 014/2010 – Universal**.

OLOWU et al. Determination of heavy metals in crab and prawns in Ojo rivers lagoons, Nigéria, 2010.

PEREIRA, M.P.S. **Modelagem das mudanças socioambientais de Santo Amaro-BA no período de 1960 a 2011**: Industrialização e contaminação ambiental na perspectiva de seus moradores. 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.

PEREIRA. S; CURI, R. C. Meio Ambiente Impacto Ambiental e Desenvolvimento. REUNIR – **Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, vol. 2, nº 4, p.35-57, Set-Dez/2012.

PHILLIPS, D. H. et al. Trace metals of toxicological significance to man in Hong-Kong. **Environmental Pollution Ser. B**, v.3, p. 27-45, 1982.

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

PINHEIRO, M. A. A. et al. Growth of the mangrove crab *Ucides Cordatus* (Brachyura, Ocypodidae). **Journal of Crustacean Biology**. v. 25, n. 2, p. 293 – 301, 2005.

PINHEIRO, M. A. A.; FISCARELLI, A. G. **Manual de Apoio à Fiscalização do Caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*)**. Curitiba: Ed. Grafitec, 2001.

RAINBOW, P. S. The significance of trace metal concentrations in decapods. **Symposia of the Zoological Society of London**, v. 59, p. 291–313, 1988.

RAINBOW, P.S. Ecophysiology of trace metal uptake in crustaceans. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 44, p. 169-175, 1997.

RAINBOW, P.S.; BLACK, W.H. (2005). Cadmium, zinc and uptake of calcium by two crabs, *Carcinus maenas* and *eriocheir sinensis*. **Aquatic Toxicology**, v. 72, p. 45-65.

RAMOS, M. A. V. **Avaliação preliminar dos teores de metais traço em peixes e crustáceos provenientes da porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil**. 2012. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

ROSA, L.Q. **Desenvolvimento sustentável e políticas públicas**: Os impactos socioambientais do terminal turístico de Tramandaí-RS. 2010. Monografia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SALVADOR, M. J. Analysis in crab tissues and in sediment of estuary from Iguape (São Paulo, Brazil) by total reflection x-ray fluorescence. In: VIII ENAN, Santos. **International Nuclear Atlantic Conference**. Rio de Janeiro: ABEN, 2007. p. 151-151.

SÁNCHEZ, L.E **Desengenharia**: passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais São Paulo: EDUSP, 2001.

SÁNCHEZ, L.E Gerenciamento ambiental e a industria de mineração. **Revista de Administração**, São Paulo 1994. V 29, n 1 Jan/mar, p. 67-75

SÁNCHEZ, L.E Recuperação de áreas degradadas São Paulo, escola Politécnica/**Epusp Universidade de São Paulo**, 1995, (notas de aulas, PMI – 504: recuperação de áreas degradadas).

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

SASTRY, A. N. Ecological aspects of reproduction. In: VERNBERG, F.J. & VERNBERG, W.B (Eds). The Biology of Crustacea. **Environmental adaptations**. New York, Academic Press, vol. 8, 383p., 1983.

SICSÚ, J; CASTELAR, A. **Sociedade e economia**: estratégias de crescimento e desenvolvimento. Brasília: Ipea, 2009.

SOUZA JUNIOR, A.V. **O caranguejo Uça, Ucides cordatus, (Linnaeus, 1763) enquanto indicador de contaminação ambiental por metais pesados e de riscos à saúde humana no entorno de Santo Amaro Bahia**. 2013. Monografia – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Santo Antônio de Jesus.

SOUZA NETO, C. A. et al. **Ações e atividades desenvolvidas em 2008 pelo grupo de trabalho em saúde do Programa Intersectorial Purificação Santo Amaro**. Salvador: Secretaria da Saúde do Estado da Bahia. 2009.

SILVA, P. P. G. et al. Acumulação de metais no caranguejo-uçá, *ucides cordatus* (linnaeus, 1763) (brachyura, ucididae), em Cubatão (SP), **XIV Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar – XIV COLACMAR**. Balneário Camboriú, 2011.

SUZUKI, D. F. C. R. Maturidade sexual fisiológica do caranguejo uçá *leptodactyla* (rathbun, 1898) (crustacea, brachyura, ocyrodidae) no estuário do rio Guaratuba, em Bertioga - SP, Brasil, **Anais XII Congresso de Iniciação Científica**, 2009.

TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Baiano, **Quim. Nova**, 15, 147-154, 1992.

TEIXEIRA, G. et al. Avaliação da toxicidade de percolados de aterro industrial utilizando-se organismos bioindicadores. In: 1º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 2007. Porto Alegre, **Anais do 1º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos**, 2007.

TSALEV, D. L.; ZAPRIANOV, Z. K. Lead. **Atomic absorption spectrometry in occupational and environmental health practice**. Flórida: CRC Press, 1985.

VALETIM NETO, P. A. Possíveis causas da mortalidade do caranguejo uçá, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) no estuário do rio Jaguaripe – Ceará. 2004. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

VIARENGO, A. Heavy metals in marine invertebrates: mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. **Reviews in Aquatic Sciences**, v. 1, n. 5, p. 295, 1989.

WHO- WORLD HEALTH ORGANIZATION –. Environmental health criteria 118: inorganic mercury. Geneva: ONU, 1991

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. IPCS. Environmental health criteria 165 – inorganic lead. Geneva, 1995.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Environmental health criteria 85 – lead – environmental aspects, Geneva, 1989.