



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

**CÁDMIO, CHUMBO, MERCÚRIO EM PESCADO DA BAÍA DE
ARATU E AVALIAÇÃO DO RISCO PARA A SAÚDE HUMANA.**

CECÍLIA FREITAS DA SILVA ARAÚJO

Salvador – BA

Janeiro – 2015

CECÍLIA FREITAS DA SILVA ARAÚJO

**CÁDMIO, CHUMBO, MERCÚRIO EM PESCADO DA BAÍA DE
ARATU E AVALIAÇÃO DO RISCO PARA A SAÚDE HUMANA.**

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Menezes Filho

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mariângela Vieira Lopes

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

Janeiro – 2015

Sistema de Bibliotecas - UFBA

Araújo, Cecília Freitas da Silva.

Cádmio, chumbo, mercúrio em pescado da Baía de Aratu e avaliação do risco para a saúde humana. / Cecília Freitas da Silva Araújo. - 2015.
103 f. + anexos.

Inclui apêndices.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Menezes Filho.

Co-orientador: Prof^a. Dr^a. Mariângela Vieira Lopes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Farmácia, 2015.

1. Pescados - Contaminação. 2. Peixe – Efeito dos metais pesados. 3. Avaliação de riscos à saúde. I. Menezes Filho, José Antônio. II. Lopes, Mariângela Vieira. III. Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Farmácia. IV. Título.

CDU – 628.193

CDD – 363.739



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

TERMO DE APROVAÇÃO

CECÍLIA FREITAS DA SILVA ARAÚJO

CÁDMIO, CHUMBO E MERCÚRIO EM PESCADO DA BAÍA DE ARATU E AVALIAÇÃO DO RISCO PARA A SAÚDE HUMANA

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 30 de janeiro de 2015.

BANCA EXAMINADORA

José Antônio Menezes Filho
Universidade Federal da Bahia
Orientador

Janice Izabel Druzian
Universidade Federal da Bahia

Karina Santos Garcia
Universidade Federal da Bahia

Dedico este trabalho ao meu esposo, Elson Silva Araújo Filho, que desde que faz parte da minha vida acredita no meu sucesso profissional, sempre me incentivando e ajudando a superar todos os obstáculos.

Obrigada amor, pelo apoio, carinho, otimismo e por me fazer muito feliz.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, causa primeira de todas as coisas, por estar presente em todos os momentos da minha jornada;

Aos meus pais, Olivaldo e Valdete que sempre acreditaram na importância da educação e do conhecimento. Ao meu irmão que vibra a cada conquista minha. Valeu Marcinho! A vovó Cecília, simplesmente por fazer parte da minha vida. E a todos os familiares que de alguma forma torceram por mim;

À minha coorientadora, Mariângela, pelo seu conhecimento, dedicação, amizade e valiosas contribuições na elaboração desta dissertação;

Ao meu orientador, Antônio, que me acolheu, acreditou e confiou. Sempre me estimulando a ir mais longe (já temos um doutorado a nossa espera...). Obrigada pelas suas valorosas orientações e pela sua presença constante. Que todo orientador seja como você;

A professora e nutricionista Mirian Vazquez, por toda calorosa colaboração e disponibilidade.

A todo pessoal do LABTOX, estudantes IC (Thiago, Luana, Juliana, Amanda e Railane) que participaram deste estudo, e que disponibilizarem seu tempo. A Deivison, pois mesmo sem participar oficialmente do estudo, esteve sempre disponível a colaborar nas análises e em campo. A professora Ana Leonor pela alegria constante e excelente exemplo profissional. E especialmente a Sérgio Prado por estar presente em todas as etapas do projeto e que sem ele as análises não ficariam prontas a tempo, mais um anjo na minha vida.

A toda comunidade de Santa Luzia que voluntariamente contribuiriam para realização desse trabalho, em especial a D. Rita e Eunice que sempre atenderam as minhas solicitações com muita alegria.

A diretora da escola de Santa Luzia, Marluzia, por disponibilizar com muita presteza o único espaço viável para as reuniões com a comunidade.

Ao Biólogo José Amorim Reis Filho por toda ajuda e contribuição na identificação do pescado.

À banca Examinadora, Janice Druzian e Karina Garcia, pela disponibilidade, dedicação e valorosa contribuição;

À prof^a Janice, pelo exemplo de conhecimento, dedicação, garra e liderança na condução dessa luta em prol de uma pós graduação cada vez mais qualificada.

Às todos os meus colegas de turma do Mestrado, pelo carinho que sempre senti terem por mim, em especial a Camila Pinheiro, Andreia Seixas, Luciane Souza e Lorena Souza pelo apoio constante, o meu muito obrigada. Este trabalho tem um pouco da energia de cada um de vocês, embora vocês não tenham ideia disso;

A Camila Duarte, outro anjo lindo na minha vida, que me proporcionou a publicação do nosso primeiro livro;

A Priscila Oliveira e Jeane Menezes, do PGALI, pelo constante sorriso e disponibilidade a todas as minhas solicitações e dúvidas. Eficiência pura! Valeu meninas!

A todos os professores do PGALI que contribuiriam de forma valorosa na minha formação e em especial à professora Cristina Quintella que embora não seja do programa, mas me abriu as portas para um novo mundo de oportunidades;

Aos meus amigos que de alguma forma ajudaram e torceram para que eu chegasse até aqui;

E a todos que de alguma forma fizeram parte do trajeto do mestrado, meu sincero muito obrigada!

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
OBJETIVOS	17
GERAL	17
ESPECÍFICOS	17
ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	18
CAPÍTULO 1: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
1. BAÍA DE TODOS OS SANTOS	19
2. BAÍA DE ARATU	20
3. METAIS PESADOS	22
3.1. Cádmio (Cd)	22
3.2. Chumbo (Pb)	24
3.3. Mercúrio (Hg)	25
4. CONTAMINAÇÃO DOS AMBIENTES AQUÁTICOS	27
4.1. Manguezais	27
5. PESCADO	31
5.1. Crustáceos	32
5.1.1. Camarão branco (<i>Litopenaeus schmitti</i>)	33
5.1.2. Siri-azul (<i>Litopenaeus schmitti</i>)	34
5.2. Moluscos	35
5.2.1. Ostra (<i>Crassostrea rhizophorae</i>)	36
5.2.2. Sururu (<i>Mytella falcata</i>)	38
5.3. Peixes	39
5.3.1. Pititinga (<i>Engraulidae - Centengraulis edentulus</i>)	39
5.3.2. Miroró (<i>Gobionellus oceanicus</i>)	40
6. ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA	42
6.1. Técnicas de calibração e controle de qualidade dos dados	42
6.1.1. Especificidade	43
6.1.2. Exatidão	44
6.1.3. Precisão	44
6.1.4. Limites de Detecção e Quantificação	44
6.1.5. Robustez	45
6.2. Espectrometria de absorção atômica com forno de grafite	45
6.3. Espectrometria de absorção atômica com vapor frio	46
7. AVALIAÇÃO DE RISCO	48
7.1. Avaliação Quantitativa de Riscos	50
7.2. Identificação do Risco	51
7.3. Avaliação Dose-Resposta	51
7.4. Critérios Para Efeitos de Toxicidade Sistêmica — Rfd	52
7.5. Avaliação da Exposição	53

7.5.1. Caracterização do cenário	53
7.5.2. Identificação das vias de exposição	54
7.5.3. Estimativa da exposição	54
7.6. Caracterização do Risco	54
7.7. Risco Para Toxicidade Não-Carcinogênica	54
7.8. Índice de Risco para Exposições Múltiplas	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
CAPÍTULO 2: MERCÚRIO, CÁDMIO E CHUMBO EM FRUTOS DO MAR ORIUNDOS DA BAÍA DE ARATU, BAHIA, BRASIL: O SEU CONSUMO REPRESENTA UM RISCO ALIMENTAR?	68
Resumo	69
ABSTRACT	70
1. INTRODUÇÃO	71
2. MATERIAIS E MÉTODOS	73
2.1. Area de estudo	73
2.2. Aquisição das amostras	74
2.3. Preparação da amostra	74
2.4. Reagentes e soluções	74
2.5. Controle de qualidade para análise dos metais	75
2.6. Digestão das amostras	76
2.7. Determinação dos Metais (Cd, Pb e Hg)	76
2.7.1. Determinação de Cd e Pb	76
2.7.2. Determinação de Hg	77
2.8. Análise de risco	77
2.8.1. Quociente de risco (QR)	78
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
3.1. Controle de qualidade para análise dos metais	80
3.2. Níveis de metais pesados	82
3.3. Análise preliminar de risco	86
4. CONCLUSÃO	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
ANEXO	96
ANEXO A – Questionário sócio econômico	96
ANEXO B – Questionário de frequência alimentar	97
ANEXO C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE	102
ANEXO D – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	103

APÊNDICE 1.	Concentrações médias ($\mu\text{g g}^{-1}$ de peso úmido), dos metais pesados para cada espécie.	104
APÊNDICE 2.	Parâmetros para cálculo do QR da comunidade de Santa Luzia	105

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

- Tabela 1. Concentração mínima e máxima de metais ($\mu\text{g g}^{-1}$, peso seco) em tecidos de organismos coletados na Baía de Todos os Santos, BA _____ 30
- Tabela 2. Vantagens e desvantagens da CVG _____ 48

Capítulo 2

- Tabela 1. Cenários de exposição para avaliação do QR dos voluntários da comunidade de Santa Luzia _____ 80
- Tabela 2. Parâmetros de controle do método instrumental para a determinação de Cd, Pb e Hg em pescado _____ 81
- Tabela 3. Concentrações médias anuais ($\mu\text{g.g}^{-1}$ de peso úmido), dos metais pesados encontrados nos pescados captados na Baía de Aratu _____ 82
- Tabela 4. Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos ____ 82
- Tabela 5. Quocientes de risco não Carcinogênico para cada Cenário _____ 88
- Tabela 6. Quociente de risco não Carcinogênico para o consumo de pescado _____ 89
-

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1

Figura 1.	Mapa de localização geográfica da Baía de Aratu _____	21
Figura 2.	Foto do Manguezal de Santa Luzia _____	28
Figura 3.	Placas de ferro sobre as raízes de plantas aquáticas, ou de ambientes alagadiços, quando os sedimentos apresentam baixas taxas de oxigenação. As setas indicam as placas de ferro ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) nas raízes _____	29
Figura 4.	Foto da espécie camarão branco (<i>Litopenaeus schmitti</i>) _____	33
Figura 5.	Foto da espécie siri azul (<i>Callinectes exasperatus</i>) _____	34
Figura 6.	Foto da espécie ostra (<i>Crassostrea rhizophorae</i>) _____	37
Figura 7.	Foto da espécie sururu (<i>Mytella falcata</i>) _____	38
Figura 8.	Foto da espécie ptitinga (<i>Centengraulis edentulus</i>) _____	40
Figura 9.	Foto da espécie miroró (<i>Gobionellus oceanicus</i>) _____	41
Figura 10.	Forno de grafite (AAS – Varian Spectra AA 240FGZ, Mulgrave Victoria, AU) _____	46
Figura 11.	Espectrômetro de absorção atômica (Varian, Spectr AA 55B, Mulgrave Victoria, AU), acoplado ao Vapor Frio _____	47

Capítulo 2

Figura 1.	Localização geográfica da área de estudo _____	73
Figura 2.	Concentração média anual dos metais pesados nos pescados coletados na Baía de Aratu _____	83
Figura 3.	Distribuição bimestral da concentração média de Cd em crustáceos e molusco _____	84
Figura 4.	Distribuição bimestral da concentração média de Pb em moluscos _____	84
Figura 5.	Percentual do tipo de pescado consumido durante o ano _____	86
Figura 6.	Percentual da frequência do consumo de pescado durante o ano _____	87

LISTA DE SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATSDR – Agency of Toxic Substance and Disease Registry
BA – Bahia
BTS – Baía de Todos os Santos
Cd – Cádmiio
CV – Coeficiente de Variação
CV AAS – Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry
CVG – Chemical Vapor Generation
DHA – Ácido Docosaenoico
DPR – Desvio Padrão Relativo
EAAS – Espectrometria de Absorção Atômica
EDL – Electrodeless Discharge Lamp
EPA – Ácido Eicosapentaenoico
ETAAS – Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry
FAAS – Flame Atomic Absorption Spectrometry
FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FDA – Food and Drug Administration
HCL – Hollow Cathode Lamp
Hg – Mercúrio
IAEA – Human Hair Spiked
ICP-MS – Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer
ICP-OES – Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer
IDA – Ingestão Diária Aceitável
IDC – Incorporação Diária Crônica
IDS – Incorporação Diária Subcrônica
IPCS – International Programme on Chemical Safety
IR – Índice de Risco
JECFA – Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
JMPR – Joint FAO/WHO Meetings on Pesticide Residues
LD – Limite de Detecção
LQ – Limite de Quantificação
LOAEL – Lowest Observed Adverse Effect Level
MERCOSUL – Mercado Comum do Sul
MRC – Material de Referência Certificado
MRL – Minimal Risk Level
NIST – National Institute of Standards and Technology
NOAEL – Nível de Efeito Adverso Não Observável
NOEL – Nível de Efeito Não Observável
OMS – Organização mundial de saúde
OMS – Organização Mundial de Saúde
Pb – Chumbo
QFA – Questionário de Frequência Alimentar
QR – Quociente de Risco
QRp – Quociente de Risco para o poluente p
RDC – Resolução da Diretoria Colegiada
RfC – Concentração de Referência
RfD – Dose de Referência

RIISPOA – Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de
Origem Animal
SD – Desvio Padrão
TGI – Trato Gastro Intestinal
USEPA – United States Environmental Protection Agency
VC – Valor Certificado
WHO – World Health Organization

RESUMO

A Baía de Todos os Santos (BTS) é a segunda maior baía navegável do litoral brasileiro. É caracterizada por pequenas baías (Iguape, de Aratu e de Itapagipe), enseadas e ilhas. A Baía de Aratu localiza-se no nordeste da BTS e possui no entorno um complexo industrial, uma importante área militar e um porto para escoamento da produção da área industrial. Como essa baía tem diversas atividades industriais e portuárias, apresenta um elevado potencial de contaminantes antrópicos para o estuário e para os pescados da região. As águas da Baía de Aratu alcançam diversas comunidades, dentre elas a comunidade de Santa Luzia, que faz parte do distrito de Simões Filho (Bahia, Brasil). Nos manguezais de Santa Luzia, as marisqueiras coletam mariscos para consumo e comercialização, expondo a comunidade a contaminantes ambientais através do consumo de pescado desta região. Os objetivos deste estudo foram avaliar os níveis de metais pesados: mercúrio (Hg), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) em pescados (peixes, moluscos e crustáceos) e realizar uma estimativa de avaliação de risco com base no consumo e frequência alimentar de 55 voluntários da comunidade. Entre novembro de 2013 e setembro de 2014, foram adquiridos de marisqueiras aproximadamente de 1,0 kg dos pescados; dentre os peixes, pititinga (*Centengraulis edentulus*) e miroró mirim (*Gobionellus oceanicus*); moluscos, o sururu (*Mytella falcata*) e a ostra (*Crassostrea rhizophorae*) e crustáceos, o camarão branco (*Litopenaeus schmitti*) e o siri azul (*Callinectes exasperatus*). As amostras foram transportadas congeladas para o laboratório e armazenadas em freezer (-22°C) até o processamento. Foi realizada liofilização, homogeneização e digestão ácida das amostras; posteriormente submetidas à análise de metais pesados por espectrometria de absorção atômica. Para fins de controle de qualidade, material de referência padrão de tecido de ostra (NIST 1566b) e branco de reagente foram analisados em cada bateria. As concentrações médias anuais de Cd foram 0,001 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ($\pm 0,0003$) em peixes, 0,007 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ($\pm 0,001$) em crustáceos, e 0,446 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ($\pm 0,034$) em moluscos. As médias de Pb foram 0,044 ($\pm 0,003$) em peixes, nos crustáceos $< 0,042 \mu\text{g.g}^{-1}$ (LD) e 0,111 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ($\pm 0,009$) em moluscos. As médias de Hg estão abaixo do limite de detecção do método ($< 0,145 \mu\text{g.g}^{-1}$). Todos os valores encontrados estão em conformidade com a Legislação Brasileira (RDC42/2013), ficando abaixo dos limites máximos exigidos. Com base no consumo de pescado desta comunidade, levantado pelo questionário de frequência alimentar (QFA), foi realizada uma avaliação de risco, através do cálculo do coeficiente de risco (QR). Dos 55 indivíduos entrevistados (96% mulheres), 14,54% relataram consumir algum tipo de pescado, pelo menos, uma vez por ano; 40% pelo menos uma vez por mês; 67,27% pelo menos uma vez por semana e 5,45% diariamente. Verificou-se que 91,90% dos indivíduos apresentaram uma estimativa do risco de agravo toxicológico à saúde classificado como insignificante (HQ < 1); 9,10% como de baixo risco (HQ ≥ 1 para $< 19,9$). Estes dados são importantes para informar a comunidade o risco da exposição iminente; e dar-lhes subsídios para solicitar das autoridades competentes medidas que possam mitigar lançamentos de efluentes industriais no meio ambiente, para minimizar a exposição e, os efeitos na saúde humana dos contaminantes ambientais.

Palavras chaves: metais pesados, contaminação ambiental, pescado, avaliação de riscos.

ABSTRACT

The Todos os Santos Bay (BTS) is the second largest navigable bay on the Brazilian coast. It is characterized by small bays (Iguape, Aratu and Itapagipe), coves and islands. The Aratu Bay is located in the northeast of BTS and has surrounding an industrial complex, an important military and a port for transportation of production of the industrial area. As this bay has many industrial and port activities, has a high potential anthropogenic contaminants into the estuary and the fish of the region. The Aratu Bay waters reach much of communities, among them the community of Santa Luzia, which is part of Simões Filho district (Bahia, Brazil). In the mangroves of Santa Luzia, the seafood collect shellfish for consumption and sale, exposing the community to environmental contaminants through fish consumption in the region. The objectives of this study were to evaluate the levels of heavy metals: mercury (Hg), cadmium (Cd) and lead (Pb) in seafood (fish and shellfish) and conduct a risk assessment estimated based on consumption and food frequency 55 volunteers from the community. Between November 2013 and September 2014, were purchased from seafood approximately 1.0 kg of fish; among the fish, Pititinga (*Centenraulis edentulus*) and mirim miroró (*Gobionellus oceanicus*); molluscs, the mussels (*Mytella falcata*) and the oyster (*Crassostrea rhizophorae*) and crustaceans, white shrimp (*Litopenaeus schmitti*) and the blue crab (*Callinectes exasperatus*). The frozen samples were transported to the laboratory and stored in a freezer (-22°C) until processing. Was performed lyophilization, homogenization and acid digestion of the samples; then subjected to analysis of heavy metals by atomic absorption spectrometry. For quality control purposes, standard reference material of oyster tissue (NIST 1566b) and reagent blank were analyzed in each battery. The annual average concentrations of Cd were 0.001 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (± 0.0003) in fish, 0.007 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (± 0.001) in crustaceans, and 0.446 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (± 0.034) in shellfish. The average Pb were 0.044 (± 0.003) in fish, shellfish $<0.042 \mu\text{g.g}^{-1}$ (LD) and 0.111 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (± 0.009) in shellfish. The mean mercury are below the method detection limit ($<0.145 \mu\text{g.g}^{-1}$). The values obtained are in accordance with Brazilian legislation (RDC42 / 2013), below the ceilings required. Based on consumption of fish this community, raised by food frequency questionnaire (FFQ), a risk assessment was carried out through risk coefficient calculation (QR). Of the 55 interviewees (96% women), 14.54% reported consuming some type of fish at least once a year; 40%, at least once a month; 67.27% at least once a week and 5.45% daily. It was found that 91.90% of the subjects had an estimate of the risk of toxicological serious health hazard classified as minor (HQ <1); 9.10% as low risk (HQ ≥ 1 to <19.9). These data are important to inform the community the risk of imminent exposure; and give them subsidies to request the competent authorities measures that can mitigate releases of industrial effluents into the environment, to minimize exposure and effects on human health of environmental contaminants.

Key words: heavy metals, environmental contamination, fish, risk assessment.

1. INTRODUÇÃO

A Baía de Aratu está localizada no nordeste da BTS e possui em seu entorno mais de 200 indústrias, entre químicas, metalúrgicas, siderúrgicas, mecânicas, farmacêuticas e alimentícias. Esse complexo industrial é denominado de Centro Industrial de Aratu (CIA) e teve início na década de 60. A Baía de Aratu é composta ainda por importante área militar, a Base Naval de Aratu, e um porto para escoamento da produção da área industrial, conhecido como Porto de Aratu (HATJE et al., 2009). As águas da Baía de Aratu alcançam diversas comunidades, dentre elas a comunidade de Santa Luzia.

A comunidade de Santa Luzia faz parte do distrito de Simões Filho, situa-se a margem esquerda da BR-324, no sentido Salvador – Feira de Santana, e tem os seus manguezais banhados pelas enseadas da Baía de Aratu, de onde as marisqueiras coletam mariscos para consumo e comercialização.

A fonte de água utilizada para consumo doméstico é proveniente de uma represa, cuja qualidade é constantemente questionada. Esta comunidade tem, dentre outras atividades econômicas, a pesca e a coleta de mariscos como fonte de renda e de alimentação. Essas atividades são desenvolvidas nos manguezais da região, que além de receber os poluentes de uma eletrosiderúrgica vizinha, são banhados pelas enseadas da Baía de Aratu, que tem diversas atividades industriais e portuárias, cujos estudos anteriores demonstraram que o sedimento, a água e a biota têm níveis elevados de poluentes como metais tóxicos e compostos orgânicos persistentes (AMADO-FILHO et al., 2008).

Os manguezais, um dos ecossistemas mais produtivos do planeta (EMERENCIANO et al., 2008), são de extrema importância para essa comunidade, uma vez que delas provém boa parte das proteínas (mariscos e peixes), tão essenciais para sua subsistência, quanto para exploração comercial.

Os metais pesados, tais como, cádmio (Cd), chumbo (Pb) e mercúrio (Hg) representam um grupo de substâncias altamente tóxicas que se acumulam nos tecidos de organismos marinhos. Diversos estudos relatam que essas substâncias tóxicas podem ser responsáveis por efeitos adversos para a saúde humana. Conseqüentemente, os potenciais riscos para a saúde resultante da exposição alimentar a estes poluentes continuam a ser objeto de investigação obrigatória, regulação e discussão (HORTA et al., 2011; OLMEDO et al., 2013; STORELLI, 2008).

O conhecimento dos níveis de metais em alimentos é uma questão relevante tanto pelo aspecto nutricional, quanto à carência ou absorção excessiva, como pelo aspecto toxicológico, quanto à contaminação. Segundo Brandão (2010) a presença de metais em determinados níveis nos alimentos tem um importante papel na nutrição humana, seja pela essencialidade ou pela toxicidade destes. Sendo assim, a obtenção de dados precisos sobre a composição elementar dos alimentos se faz necessária para se estabelecer uma adequada ingestão de nutrientes essenciais, bem como para uma adequada avaliação dos níveis de exposição aos elementos tóxicos por ingestão.

A comunidade de Santa Luzia tem na base de sua dieta grande quantidade de frutos do mar provenientes, sobretudo de áreas potencialmente contaminadas. Neste contexto, é uma comunidade que deve ser selecionada para diagnóstico de avaliação de risco, para tal é importante determinar qual o nível de contaminação desses alimentos e avaliar que riscos podem representar à saúde, uma vez que o consumo de frutos do mar é considerado por Cavalcanti (2003), uma das principais fontes de ingestão de metais tóxicos por pessoas não ocupacionalmente expostas.

Neste sentido, justifica-se o desenvolvimento do estudo científico proposto com vistas à obtenção de resultados que venham dirimir possíveis controvérsias quanto a presença de metais tóxicos nos pescados da região e suas consequências à saúde da comunidade de Santa Luzia.

OBJETIVOS

GERAL

- Estimar os riscos à saúde humana da comunidade de Santa Luzia, Simões Filho, Bahia, Brasil, através da determinação dos níveis de metais, cádmio, chumbo e mercúrio, presentes em pescado coletados na Baía de Aratu, e.

ESPECÍFICOS

- Determinar as concentrações de Cd, Pb e Hg em peixes, crustáceos e moluscos coletados na região, de novembro/2013 à setembro/2014;
- Avaliar a relação existente entre os níveis de metais encontrados e as espécies analisadas;
- Verificar se os níveis de metais tóxicos encontrados nos pescados estudados estão acima dos valores de referência estabelecidos pela legislação nacional;
- Avaliar o consumo do pescado (peixes, crustáceos, moluscos) pelos residentes da comunidade de Santa Luzia;
- Estimar o risco à saúde da população de Santa Luzia resultante do consumo de pescados oriundos desta região.

ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este estudo organiza-se em dois capítulos, sendo o primeiro de revisão de literatura, com abordagem de temas relacionados à contaminação de pescado por metais pesados, à comunidade de Santa Luzia, o risco à saúde proveniente do consumo de alimentos contaminados.

O segundo capítulo, em forma de artigo, apresenta os resultados das análises de determinação dos níveis de cádmio, chumbo e mercúrio em crustáceos, peixes e moluscos, por espectrometria de absorção atômica, bem como a avaliação do risco proveniente do consumo de pescado desta região.

CAPÍTULO 1: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. BAÍA DE TODOS OS SANTOS

A Baía de Todos os Santos (BTS) é uma grande baía navegável do litoral brasileiro, localizada nas bordas de Salvador, capital da Bahia. Está situada entre a latitude de 12°50' S e a longitude de 38°38' W, a BTS apresenta uma área de 1.233 km², sendo a segunda maior baía do Brasil, atrás apenas da baía de São Marcos, no Maranhão. É caracterizada pela presença de pequenas baías (Iguape, de Aratu e de Itapagipe) e enseadas e mais de 30 ilhas, apresentando cerca de 221 km de linha de costa (FERREIRA, 2011; HATJE et al., 2009).

A BTS é reconhecida pela alta produtividade da fauna marinha e suas águas são utilizadas para várias finalidades pela população habitante em suas margens, como pesca de subsistência e comercial, mariscagem, aquicultura, lavagem, disposição de efluentes, lazer e turismo, navegação comercial, dentre outros. Os estuários são ambientes predominantes na baía, assim como os densos manguezais, vegetação que pelas pressões humanas tornou-se extinta ou rara em regiões próximas a aglomerados urbanos ou áreas industriais (FERREIRA, 2011).

Por estar localizada próxima a uma metrópole, a BTS apresenta um fluxo de mercadorias muito grande através dos Portos de Aratu e pela Companhia de Docas do Estado da Bahia, o que representa grande importância econômica para a região. Devido a isso, é constantemente impactada por atividade industrial, que inclui instalações químicas e petroquímicas, bem como uma refinaria de petróleo e atividades portuárias, além da presença de emissários submarinos, que descartam substâncias químicas e esgoto no mar (CIRANO; LESSA, 2007).

A BTS é detentora do maior complexo petroquímico do hemisfério sul e um expressivo parque industrial, formado por duas fábricas de papel, uma metalúrgica de cobre, indústrias de química fina, uma refinaria de petróleo e dois portos (UFBA-NIMA, 1997). A contaminação é uma das principais consequências dos impactos antrópicos nos ambientes costeiros e, potencialmente, um fator de risco para a saúde pública. Dentre os principais contaminantes ubíquos nas regiões costeiras, destacam-se os metais que são naturalmente encontrados em baixas concentrações no ambiente, como elementos acessórios de minerais e rochas (HATJE et al., 2009).

Um dos principais problemas associados a contaminação ambiental por metais traços é a bioacumulação destes elementos pela biota. A bioacumulação é, em geral, uma boa medida integrativa das exposições da biota em ambientes contaminados. A exposição (contínua ou aguda) de organismos bentônicos ou pelágicos a altos teores de metais pode causar efeitos adversos (RAINBOW; PHILLIPIS, 1993; RAINBOW; WHITE, 1989).

Desde 1975, existe registro de informações sobre a concentração de espécies metálicas com potencial impacto na Baía de Todos os Santos (HATJE et al., 2009).

2. BAÍA DE ARATU

A maior baía interna à BTS, a Baía de Aratu, está localizada a cerca de 20 quilômetros ao norte de Salvador e situada a nordeste da BTS (Figura 1), entre as coordenadas 12°45'00" e 12°49'02"S e 38°25'46" e 38°30'29"W, apresentando uma área de cerca de 12,15 Km² (BAHIA, 1980). A Baía de Aratu abriga um dos três portos mais movimentados da BTS, possui em seu entorno um clube náutico, indústrias químicas e um complexo portuário, permitindo a passagem de navios de grande calado, servindo inclusive ao Centro Industrial de Aratu (CIA), onde operam diversas unidades dos segmentos químico, plástico, têxtil, metal-mecânico e farmacêutico e ao Pólo Petroquímico de Camaçari, o maior da América do Sul (SOUZA, et al., 2011). Dentre as empresas mais importantes localizadas às margens da baía de Aratu, destaca-se a Dow Química S.A. e a Vale Manganês S.A, que utiliza o canal do Cotegipe para o escoamento de seus produtos e insumos, bem como para o descarte dos seus efluentes líquidos (BRITO, 1997; CRA 2004).

Por desenvolver atividades industriais, portuárias e turísticas, a baía de Aratu, representa importância econômica para a região, porém compromete o ecossistema da Baía de Todos os Santos, demandando estudos de avaliação de seus ecossistemas (FERREIRA, 2011).

As atividades industriais e portuárias existentes no entorno da Baía de Aratu comprometem a qualidade da água e do substrato de fundo da baía. Além da carga poluidora lançada pelos rios afluentes, existe também a possibilidade de importação de poluentes provenientes de atividades industriais de áreas próximas ao Porto de Aratu (CRA 2000) e da refinaria Landulfo Alves (PEREIRA, 2008).

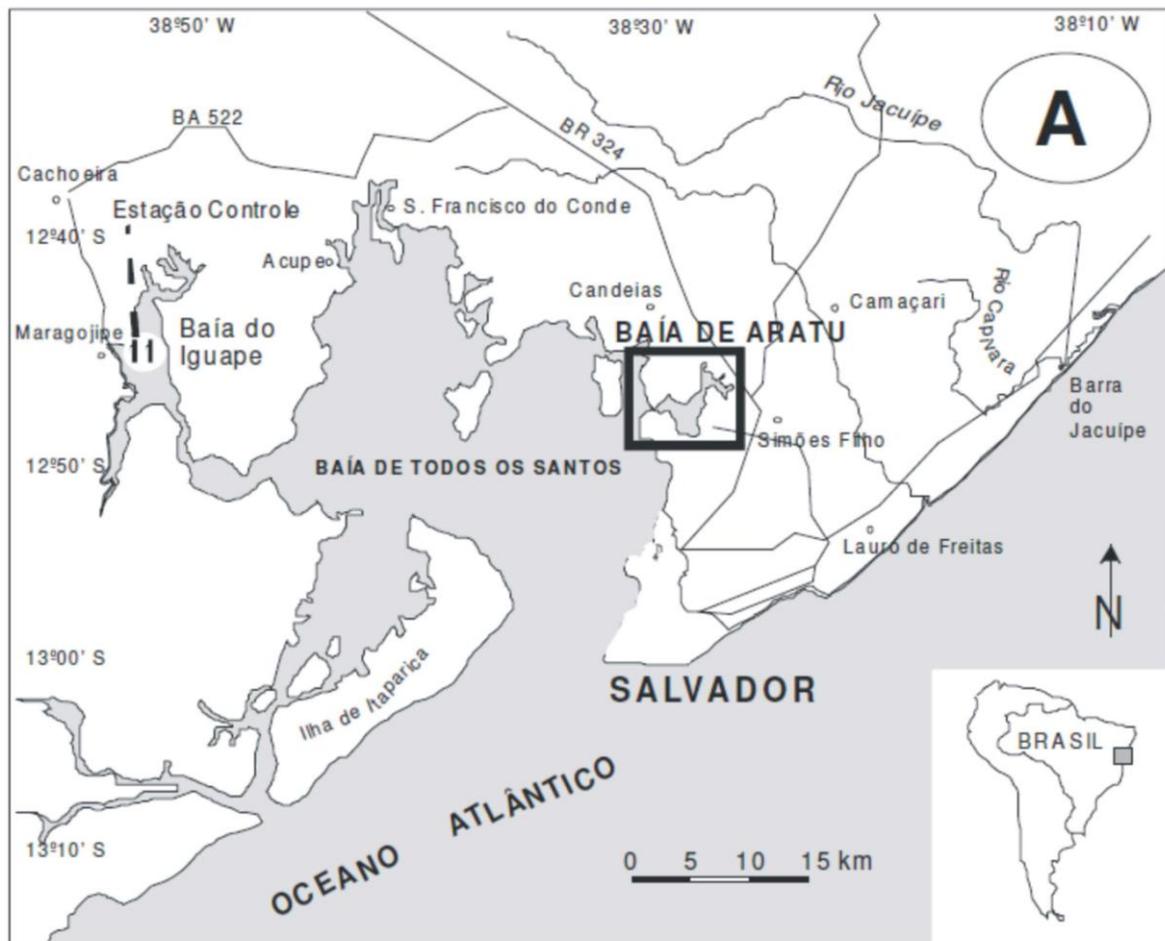


Figura 1. Mapa de localização geográfica da Baía de Aratu

Fonte: Queiroz, Celino (2008b).

A baía de Aratu possui uma área de 24,5 Km², contendo no seu interior extensas áreas intermareais vegetadas (4,4 km²) e não vegetadas (1,3 km²). Apresenta características de sistema estuarino-lagunar favorecendo à disseminação e fixação de plântulas das espécies vegetais do mangue (FERREIRA, 2011).

A baía de Aratu apresenta uma ecofisiologia fortemente definida pelas características do substrato marinho, devido ao aporte de água doce não ser significativa (BRITO, 1997; CRA, 2004; PEREIRA, 2008).

Os sedimentos do fundo da baía de Aratu são predominantemente argilosos, com pouco silte e com porcentagens variadas das frações grossas (BITTENCOURT 1974). A natureza argilosa dos sedimentos facilita a retenção dos poluentes provenientes do parque industrial na bacia de drenagem (PEREIRA, 2008).

Diversos estudos abordam sobre concentrações de metais pesados no substrato da baía; como o alto enriquecimento de chumbo no material particulado em suspensão ao norte da baía, sugerindo uma contribuição antropogênica, assim como a contaminação dos sedimentos de fundo pelos metais chumbo, cobre e zinco (ALVES, 2002; CRA, 2004; FREIRE FILHO, 1979).

O confinamento ou não do material poluente lançado pela drenagem interna, assim como o potencial de importação de poluentes de áreas externas à baía, está diretamente relacionado com a hidrodinâmica da mesma, já que a água serve como meio condutor para materiais particulados em suspensão e substâncias em solução. Dessa forma a investigação dos mecanismos de circulação e mistura das águas é importante para o gerenciamento ambiental da Baía de Aratu (PEREIRA, 2008).

3. METAIS PESADOS

Todos os metais são potencialmente tóxicos, incluindo os metais essenciais, quando ocorrem em excesso. Seguindo uma ordem de toxicidade de metais traço pode-se definir: Hg > Ag > Cu > Cd > Zn > Ni > Pb > Cr > Sn (LUOMA; RAINBOW, 2008).

A exposição de organismos bentônicos e pelágicos (bentônicos - organismos que vivem no substrato, fixos ou não; pelágicos - vivem livremente na água) a altos teores de metais pode causar efeitos adversos. Como exemplo tem-se um elemento traço substituindo outro em uma proteína ou bloqueando um sítio ativo, impedindo assim um caminho metabólico e, potencialmente, causando modificações fisiológicas e genéticas como resposta a toxicidade que o organismo está sujeito (RAINBOW; PHILLIPS, 1993; RAINBOW; WHITE, 1989).

3.1. Cádmio (Cd)

Cádmio não apresenta função essencial ao organismo humano, animal e ao metabolismo de plantas, sendo de grande interesse toxicológico porque é extremamente tóxico ao homem em baixas concentrações (PINTO et al., 2005), com teor médio variando de 0,1 a 0,2 mg kg⁻¹ (NOGUEIRA, 2012).

Este elemento tem apresentado as mais expressivas taxas de aumento ambiental nos últimos vinte anos, o que pode estar relacionado ao aumento do inadequado destino de produtos no ambiente, pela indústria e pela população, as

quais pouco zelam pelo uso racional dos recursos naturais, uma vez que a ocorrência do Cd está na exploração e no beneficiamento de outros metais como Zn e Pb; na produção de tintas, pilhas e baterias; nos combustíveis e lubrificantes; nos fungicidas; nos resíduos industriais e urbanos; nos corretivos e nos fertilizantes, principalmente os fosfatos (NOGUEIRA, 2012).

Este metal é um sub produto da exploração do zinco e do chumbo, sendo esta uma importante fonte de contaminação ambiental por cádmio. Entretanto somente uma parte da quantidade total de cádmio ingerida é retida no corpo humano, acumulando-se no fígado e nos tecidos dos rins com um tempo de meia vida estimado de 20 a 30 anos (PINTO et al., 2005).

O excesso de Cd provoca, principalmente, lesões renais, esqueléticas e pulmonares, porém, outros efeitos negativos também foram evidenciados no fígado, nos vasos sanguíneos, nos sistemas reprodutivo, imunológico, nervoso, endócrino e cardiovascular, além de potenciais tipos de câncer de pâncreas, pulmão, próstata, e rim (NOGUEIRA, 2012).

O cádmio tornou-se um dos metais mais pesquisados devido à sua lenta excreção e longa meia-vida (décadas) em todo organismo humano. Verificou-se também que como resultado da ingestão de alimentos contaminados pelo referido metal, poderia haver danos renais e distúrbios no metabolismo do cálcio (TAVARES, 2010).

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. A exposição ao cádmio ocorre essencialmente através dos alimentos, em particular nas ostras, mariscos e plantas podendo atingir valores entre os 100 e os 1000 µg/kg. A carne, o peixe e os frutos podem conter entre 1 a 50 µg/kg, enquanto as sementes entre 10 a 150 µg/kg de cádmio (ROCHA, 2009).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio do Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965, estabelece o valor de 1 mg kg⁻¹, como a concentração máxima de Cd permitida em alimentos (ANVISA, 1965). Em 30 de agosto de 2013 é publicado no Diário Oficial, Nº 168, a Resolução – RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013, que dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL, implementado pela ANVISA, sobre Limites Máximos de

Contaminantes Inorgânicos em Alimentos, estabelecendo as novas concentrações máximas permitidas. No caso do Cd, essa resolução estabelece para peixes crus, congelados ou refrigerados 0,05 mg/kg, com as seguintes exceções: bonito, carapeba, enguia, tainha, jurel, imperador, cavala, sardinha, atum e linguado se estabelece 0,10 mg/kg. Para melva se estabelece 0,20 mg/kg e para anchova e peixe espada se estabelece 0,30 mg/kg. Para moluscos cefalópodos e bivalvos 2,00 mg/kg e para crustáceos 0,50 mg/kg.

3.2. Chumbo (Pb)

Há mais de 4.000 anos o homem utiliza o chumbo. Os romanos o utilizavam confeccionando tubulações para o transporte de água e utensílios domésticos como jarras e copos, portanto, os alimentos e a água eram importantes fontes de exposição (OLGA et al., 2008).

As características peculiares demonstradas e a facilidade de combinar com outros elementos, fazem do chumbo um dos metais de maior emprego na indústria moderna, tanto puro, como sob a forma de composto. É o sexto metal de maior utilidade industrial, sendo seu uso principal na construção de baterias para automóveis, que consomem em torno de 70% em todo mundo. (SILVA, 2001).

Na população em geral, a exposição ao chumbo ocorre primariamente através do trato gastrointestinal (TGI) e com alguma contribuição da via inalatória, portanto, a maior parte do chumbo presente no TGI é resultante da ingestão de alimentos e bebidas. A absorção do chumbo pelo TGI por adultos sadios, ingerindo dietas mistas é de 4 a 11% e nas crianças de 45 a 50% (OLGA et al., 2008).

Nos últimos anos, atenção especial tem sido dada aos estudos epidemiológicos direcionados para os possíveis efeitos neurotóxicos do chumbo nas crianças, especialmente naquelas com desvios de comportamento. A toxicidade do chumbo na infância pode ter efeitos permanentes, tais como menor quociente de inteligência e deficiência cognitiva. Durante o desenvolvimento de uma criança, o sistema nervoso pode ser afetado adversamente por valores de Pb-S menores do que $10 \mu\text{g.L}^{-1}$, níveis antes considerados seguros (DE GENNARO, 2002; LANPHEAR et al., 2000; MOREIRA; MOREIRA, 2004).

Os efeitos do chumbo na saúde humana dependem da intensidade e duração da exposição. Dependendo do nível de exposição pode resultar em uma

série de efeitos. É um metal que tem efeito cumulativo no organismo, provocando doença crônica (saturnismo), cujos efeitos tóxicos podem ser exemplificados como hematológicos, neurológicos, encefalopatia com sintomas de coma e convulsões, efeitos sobre o sistema nervoso central, psicológicos, renais, mutagenicidade e sobre a reprodução (NASCIMENTO et al., 2006).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução – RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013, que dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL para os Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos, estabelece as novas concentrações máximas permitidas para o Pb em peixes crus, congelados ou refrigerados de 0,30 mg/kg; em moluscos cefalópodos de 1,00 mg/kg; em molusco bivalvos de 1,50 mg/kg e em crustáceos de 0,50 mg/kg.

3.3. Mercúrio (Hg)

O mercúrio é o único elemento metálico líquido à temperatura ambiente, sendo o seu ponto de fusão de - 38,87°C, e o ponto de ebulição de 356,58°C, possui caráter nobre e forma compostos orgânicos e inorgânicos (BRASIL, 2010).

O metal existe em três formas, cada qual com diferentes características de biodisponibilidade e toxicidade: metálica (mercúrio elementar), sais inorgânicos e compostos orgânicos (metilmercúrio, etilmercúrio e fenilmercúrio). Estima-se que cerca de 10.000 toneladas de mercúrio por ano sejam extraídas por processo de mineração, e cerca de 20.000 toneladas por ano, provenientes de fontes antropogênicas sejam adicionadas ao meio ambiente (OLGA et al., 2008).

O mercúrio inorgânico pode ser convertido em metilmercúrio e dimetilmercúrio pela ação de microorganismos (bactérias metanogênicas), particularmente nos sedimentos. A biotransformação do mercúrio inorgânico em metilmercúrio representa um sério risco ambiental visto que ele se acumula na cadeia alimentar aquática por um fenômeno chamado bioamplificação, isto é, a concentração do metal aumenta à medida que ele avança nos níveis tróficos (CARDOSO et al., 2002). Por isso é avaliado como um poluente de alto risco, sendo regulado pela USEPA (United States Environmental Protection Agency).

Os fatores que afetam a produção e a conseqüente bioacumulação do metilHg na cadeia alimentar são temperatura, concentração de bactérias no meio, pH, tipo de solo ou sedimento, concentração de sulfeto, condições de oxirredução do meio e

variações sazonais. Assim, um aumento da concentração de metilHg em água e sedimento, é proporcional à concentração de matéria orgânica, pois a presença de nutrientes orgânicos aumenta a atividade microbiana, aumentando a produção de metilHg (SANTOS et al., 2006).

A mudança da forma inorgânica para a metilada é uma etapa importante no processo de bioacumulação no meio aquático, devido à solubilidade do metilmercúrio, que, após ser liberado pelos microorganismos presentes em sedimentos de água doce e em oceanos, entra na cadeia alimentar por difusão, ligando-se às proteínas de animais e plantas aquáticos. Esta bioacumulação acontece a cada passo da cadeia alimentar, alcançando níveis elevados nas espécies predatórias que se localizam no topo da cadeia, como por exemplo, os tubarões. Por isso o metilmercúrio é o principal responsável pela intoxicação do ser humano através da ingestão de peixes contaminados, devido à sua bioacumulação na cadeia alimentar (SANTOS et al., 2006).

O mercúrio é considerado não essencial, ou seja, não é um componente normal dos tecidos de organismos vivos, sua concentração é muito variável de um organismo para outro, sua ausência não causa nenhuma anormalidade conhecida e não participa de nenhuma atividade indispensável ao pleno funcionamento orgânico. Sua presença é, por outro lado, considerada danosa aos fenômenos químicos que suportam a vida (COSTA; ROHLFS, 2010).

A ingestão de metilmercúrio na dieta ocorre principalmente através de alimentos marinhos, representados por peixes predatórios. No peixe o metilmercúrio pode passar pelo processo de biomagnificação (OLGA et al., 2008) e por ter a capacidade de permanecer por longos períodos nos tecidos do organismo, este elemento poderá ser encontrado nos peixes predadores da extremidade da cadeia em concentrações elevadas, culminando, finalmente, no regime alimentar dos humanos (CARDOSO et al., 2002).

O metilmercúrio tem como órgão alvo crítico o cérebro, tanto de indivíduos adultos como de fetos. São observados efeitos neurológicos como: demência semelhante à verificada no mal de Alzheimer, deficiência de atenção, hipoestesia, ataxia, disartria, tremores subclínicos dos dedos, danos na visão e audição, distúrbios sensoriais e aumento de fadiga. Em crianças, constata-se deficiência da linguagem (fala tardia), da memória, da atenção e autismo, na intoxicação por mercúrio. Há relatos também de efeitos renais, na reprodução, imunológicos,

cardiovasculares, efeitos na atividade motora e genotóxicos, em diferentes níveis, a depender da dose e do tempo de exposição (OLGA et al., 2008).

Órgãos internacionais e nacionais estabeleceram limites para várias fontes de exposição com o objetivo de proteger a população. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução – RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013, que dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL para os Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos, estabelece as novas concentrações máximas permitidas para o Hg em peixes, exceto predadores de 0,50 mg/kg; em peixes predadores de 1,00 mg/kg; em moluscos cefalópodos, bivalvos e crustáceos de 0,50 mg/Kg.

4. CONTAMINAÇÃO DOS AMBIENTES AQUÁTICOS

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 (RASHED, 2001).

A contaminação de corpos d'água e organismos são alvos dos metais pesados, ocorrendo 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 (LINS et al., 2010).

Os organismos vivos podem bioacumular metais pesados, incorporando-os na cadeia trófica e atingindo grande parte dos diferentes extratos que constituem os ecossistemas aquáticos e a maioria desses poluentes apresenta potencial tóxico comprovado, ou seja, são capazes de induzir efeitos deletérios aos organismos vivos expostos (VIARENGO, 1989).

4.1 Manguezais

O Brasil tem a segunda maior área de mangue mundo. Oitenta por cento desses mangues estão no Nordeste. São ecossistemas que ficam nas zonas de

estuários, áreas de transição entre os ambientes marinho e terrestre (Figura 2) (SILVA et al., 2006).



Figura 2. Foto do Manguezal de Santa Luzia.

Fonte: Arquivo próprio.

Manguezal possui uma importância que abrange aspectos ecológicos, econômicos e sociais, destacando-se como uma área de produção, criação e reprodução de várias espécies biológicas, como os moluscos, peixes e crustáceos (MAMEDE, 2012).

São considerados como um dos ecossistemas mais produtivos do planeta, os quais representam uma relevante importância para a biodiversidade e para a ecologia marinha. Serve de santuário para a reprodução de centenas de espécies de animais e vegetais, atuando ainda, como um filtro natural para sedimentos e poluentes. Sem esse filtro natural, as diversas substâncias utilizadas na aquicultura acumulam-se lentamente em camadas devido a todo tipo de efluentes sejam domésticos ou oriundos da indústria, da agricultura, da pecuária, da mineração, entre outros; trazendo muitos prejuízos ao ambiente (EMERENCIANO et al., 2008).

Nos manguezais as principais fontes de contaminação por metais são provenientes de rejeitos de minas e resíduos industriais. As árvores de manguezal são relativamente imunes aos efeitos tóxicos dos metais, embora isso não ocorra com a fauna, que se apresenta vulnerável por estresse fisiológico, com redução do sucesso reprodutivo (SILVA, 2011). As árvores de manguezais, por viverem em ambientes alagados e pobres em oxigênio, têm a capacidade de formar, em suas raízes, barreiras naturais que as protegem de metais tóxicos. Essas barreiras, conhecidas como “placas de ferro” (Figura 3), capturam elevadas concentrações de metais tóxicos e os imobilizam por tempo indeterminado, evitando que sejam absorvidos por pequenos organismos e cheguem a outros níveis da cadeia alimentar. A destruição ou degradação dessas árvores favorece a liberação dos metais tóxicos capturados pelas placas, aumentando o risco de contaminação de animais aquáticos e de danos à saúde dos humanos que os consomem (BORGE; VILLAR, 2011).

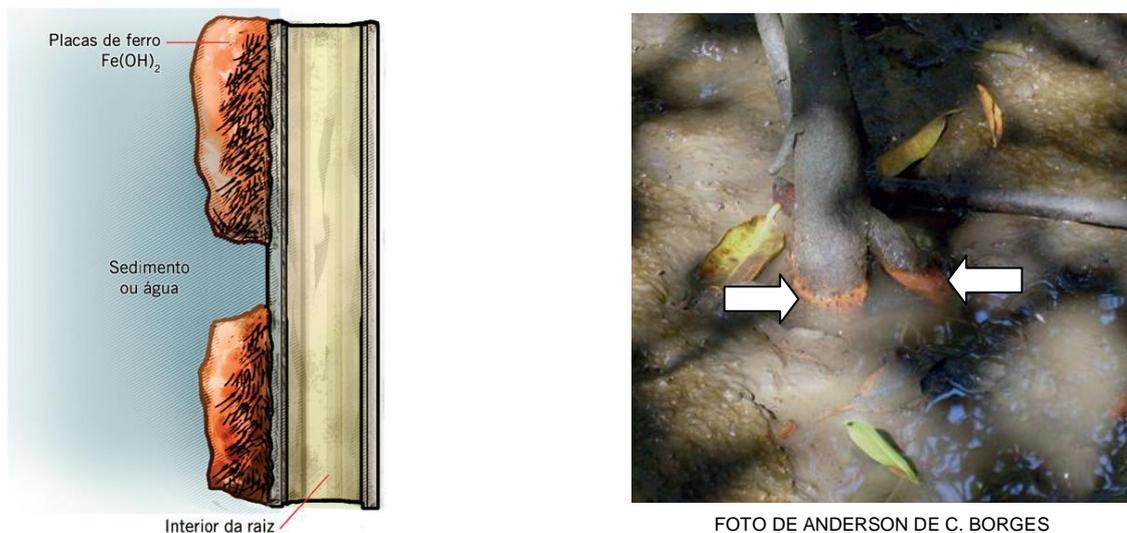


Figura 3. Placas de ferro sobre as raízes de plantas aquáticas, ou de ambientes alagadiços, quando os sedimentos apresentam baixas taxas de oxigenação. As setas indicam as placas de ferro ($Fe(OH)_2$) nas raízes.

Os metais alcançam o manguezal, principalmente, por meio das marés em duas formas trocáveis: incorporados na matéria em suspensão ou dissolvidos. Como são poluentes conservativos, o seu acúmulo nos manguezais, por um longo

espaço de tempo, representa uma ameaça para esses ambientes, podendo atravessar todo o ciclo ecológico envolvido no ecossistema (ONOFRE et al., 2007).

O aumento da contaminação dos ecossistemas aquáticos por metais pesados é derivado do excesso de descargas desses compostos, resultado de rápido crescimento da população, aumento da urbanização, expansão da atividade industrial e exploração de recursos naturais (Tabela 1). No ambiente aquático esses metais transitam por diversos níveis da cadeia trófica e acabam atingindo o homem (OLIVEIRA; FEITOSA, 2003).

Tabela 1. Concentração mínima e máxima de metais ($\mu\text{g g}^{-1}$, peso seco) em tecidos de organismos coletados na Baía de Todos os Santos, BA.

Espécie	Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)		Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)		Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)		Fonte
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
Coró (<i>Haemulon</i> sp.)	-	-	-	-	-	1,626	CRA 2005
Linguado (<i>Paralichthys</i> sp.)						1,828	CRA 2005
Arraia (<i>Dasyatis guttata</i>)	-	-	-	-	-	0,603	CRA 2005
Tainha (<i>Mugil brasiliensis</i>)	-	0,12	0,10	0,81	-	-	SANTOS, 2011
Robalo (<i>Centropomus undecimalis</i>)	-	-	0,14	1,50	-	-	SANTOS, 2011
Chumbinho/Papa fumo (<i>Anomalocardia brasiliensis</i>)	2,71	8,29	4,5	6,6	-	-	WALLNER-KERSANACH et al., 1994
	0,86	4,11	1,36	71,8	-	-	CRA 2005
	0,99	8,15	0,14	2,07	-	-	GONCALVES et al., 2007
	0,02	0,02	-	-	-	-	AMADO-FILHO et al., 2008
	<LD	0,59	<LD	6,76	-	-	SOUZA et al., 2011
Ostra (<i>Crassostrea rhizophorae</i>)	2,95	4,13	0,49	0,69	-	-	WALLNER-KERSANACH et al., 2000
	3,90	8,11	0,25	0,99	-	-	GONCALVES et al., 2007
	-	13,7	<LD	9,89	-	-	SOUZA et al., 2011
Sururu (<i>Mytella guianensis</i>)	0,1	0,97	0,48	3,75	-	-	GONCALVES et al., 2007
	0,42	0,77	-	-	-	-	HATJE et al., 2009
	<LD	0,56	4,45	9,27	-	-	SOUZA et al., 2011
	-	1,10	0,28	5,4	-	-	SANTOS, 2011
Camarão (<i>Penaeus brasiliensis</i>)	-	-	0,19	3,4	-	-	SANTOS, 2011

<LD= abaixo do limite de detecção.

5. PESCADO

Conforme a definição contida no Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) entende-se por “pescado” todos os peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, quelônios e mamíferos de água doce ou salgada, usados na alimentação humana (BRASIL, 1984). As espécies que fazem parte da definição de pescado são muito variáveis geograficamente, culturalmente, em épocas diferentes, entre indivíduos diferentes e até mesmo para o mesmo indivíduo, em alturas diferentes. O pescado é considerado um dos alimentos mais promissores para o futuro da humanidade, devido ao seu crescimento relativamente rápido, à sua excelente qualidade nutricional, à sua relação direta com uma melhor saúde (VAZ-PIRES, 2006).

O consumo do pescado se destaca por ser um alimento nutricionalmente importante quanto à quantidade e qualidade das suas proteínas (SARTORI; AMANCIO, 2012), considerando uma variação entre as espécies, o teor sobre a composição total é alto – entre 15% e 25%. Qualitativamente, apresenta todos os aminoácidos essenciais, com elevado teor em lisina, aminoácido *starter* do processo digestivo. A digestibilidade é alta, acima de 95%, conforme a espécie, e maior do que das carnes em geral e do leite. O valor biológico, determinado pela alta absorção dos aminoácidos essenciais, é próximo de 100 (MORALES ULLOA; OETTERER, 1983).

Destaca-se também quanto à presença de vitaminas e minerais e, principalmente, por ser fonte de ácidos graxos essenciais ômega-3 eicosapentaenoico (EPA) e docosaexaenoico (DHA). Esses lipídios estão associados à redução do risco de doenças cardiovasculares e a funções importantes nas fases iniciais do desenvolvimento humano (SARTORI; AMANCIO, 2012).

O pescado em geral é, também, fonte de vitaminas A, D e do complexo B. Quanto aos minerais, a carne de pescado é fonte de cálcio, fósforo, de ferro, cobre e selênio, além de iodo, para os peixes de água salgada. Possui um relativo baixo teor de sódio, que o torna opção viável em dietas restritivas para este mineral (ABABOUC, 2005).

O consumo de pescado está relacionado a benefícios à saúde humana e os riscos de prejuízos via contaminação por elementos químicos devem ser constantemente monitorados.

5.1. Crustáceos

O filo Arthropoda, grupo de invertebrados com o maior número de espécies viventes na superfície da terra, abriga o subfilo Crustácea. Registros fósseis indicam que os Arthropoda surgiram no Pré-Cambriano, há aproximadamente 600.000.000 de anos, indicando um longo tempo evolutivo para especiação e experimento de forma e função dentro do grupo (BRUSCA; BRUSCA, 2003).

Os crustáceos estão subdivididos em 6 classes, 13 subclasses e 47 ordens (MARTIN; DAVIS, 2001), sendo a Decápoda a ordem mais representativa, compreendendo um grupo bastante diversificado, cujos representantes apresentam múltiplas adaptações e modos de vida muito variados (SILVA, 2007). Além de se destacarem pela grande diversidade de espécies e de ambientes ocupados, os crustáceos decápodos também se destacam pelo interesse comercial, fazendo com que estudos relacionados a aspectos biológicos e ecológicos destes animais sejam de extrema importância e essenciais para a compreensão das interações com a atividade humana (SILVA, 2007).

Dentre os Artropodes, os crustáceos dominam o ambiente marinho e, devido à sua grande abundância e diversidade, são muitas vezes considerados como os "insetos do mar" (SEREJO et al., 2014). Apresentam uma grande diversidade de organismos no ambiente marinho, representado por invertebrados bentônicos comuns, como os camarões, lagostas, os siris e os caranguejos (BOWMAN; ABELE, 1982).

Os crustáceos habitam uma grande variedade de habitats marinhos, dulcícolas e terrestres, nos quais vivem em vários micro-habitats, desempenhando diversas funções existentes na cadeia trófica (ROCHA, 2010).

Os crustáceos são predominantemente marinhos e podem ser encontrados em todas as profundidades dos oceanos. Por ser um grupo extremamente diverso, amplamente distribuído e abundante nos oceanos, os crustáceos apresentam um importante papel ecológico nesse ecossistema. A variedade de hábitos de vida do grupo reflete no seu papel na cadeia alimentar. Sendo assim, chama-se bentos aos organismos que vivem no substrato, fixos ou não, em contraposição com os pelágicos, que vivem livremente na coluna de água, os macrocrustáceos e alguns grupos de camarões, reciclam matéria em decomposição, uma vez que são animais detritívoros. Consequentemente, são importante fonte de alimento para peixes, baleias e outros invertebrados, sendo

muitos desses de importância econômica para o homem. Crustáceos Decápodes, como caranguejos, lagostas e camarões, são importante dieta de vários peixes, polvos, outros crustáceos e do próprio homem (SEREJO et al., 2014).

Os crustáceos decápodos em geral, possuem uma grande diversidade de hábitos alimentares, alternando predação, saprofagia, detritivoria, e filtração, ocupando variadas posições tróficas nas diversas cadeias alimentares aquáticas (CARQUEIJA; GOUVÊA, 1998).

5.1.1. Camarão branco (*Litopenaeus schmitti*)

O **camarão branco** possui dez pernas e abdome alongado. Possui a cara reta e serrilhada em cima com 8 a 11 farpas, embaixo somente com 2 farpas, sendo na verdade de cor cinza-clara e chegam a ter 20 cm de comprimento (Figura 4). É encontrado em regiões arenosas e lodosas nas enseadas de pouca profundidade ou ao longo da costa, do litoral do nordeste ao sul do Brasil. É um bom nadador, nada com movimentos rítmicos. Um movimento rápido com a parte terminal da cauda aberta faz com que ele se movimente para trás. Forma grandes grupos, principalmente no período reprodutivo. Constitui esplêndido alimento, rico em proteínas e sais minerais. A pesca predatória, a poluição e destruição do habitat são as principais ameaças à espécie (SANTOS et al., 2008).



Figura 4. Foto da espécie camarão branco (*Litopenaeus schmitti*).

Fonte: Arquivo próprio.

Os camarões peneídeos consomem praticamente tudo que está presente no ambiente. A sua dieta natural abrange três grupos principais: as algas, os

detritos e as presas. A quantidade relativa de cada item consumido depende da sua disponibilidade no ambiente, além do estágio de crescimento e espécie de camarão cultivada. Os peneídeos são classificados como onívoros durante seus estágios iniciais de desenvolvimento, alimentando-se de fitoplâncton e mudando para zooplâncton ao atingir o estágio pós-larval. Os juvenis são descritos como onívoros e os adultos como onívoros, detritívoros, oportunistas, carnívoros ou predadores, alimentando-se continuamente ou freqüentemente durante períodos de atividade alimentar. O modo de alimentação predominante na fase juvenil e adulta é o bentônico (NUNES, 2015).

5.1.2. Siri-azul (*Callinectes exasperatus*)

O siri-azul tem a cor predominantemente azulada sendo que os espinhos podem ser um pouco avermelhados (Figura 5). Possui carapaça alargada terminando em duas pontas, o primeiro par de patas torácicas com fortes quelas e o último par em forma de remo. As patas em forma de remo facilitam o enterramento na areia, permite-lhe deslocar-se rapidamente ou conseguir nadar elevando-se a certa altura do fundo. Vive em estuário onde dispõe de uma grande variedade de alimento de origem animal, mas consome também restos orgânicos de vegetais, constituídos principalmente por algas. Este animal suporta grandes variações de temperatura, salinidade e águas com pouco oxigênio, podendo ser encontrado em praias muito poluídas. Economicamente, o siri-azul é importante por sua carne ser muito apreciada como alimento (TEIXEIRA et al., 2008).



Figura 5. Foto da espécie siri azul (*Callinectes exasperatus*).

Fonte: Arquivo próprio.

Essa espécie é comum em regiões tropicais, sendo muito importante nas relações tróficas entre peixes e animais de fundos arenosos e lodosos. No Nordeste do Brasil estes organismos são considerados um importante recurso pesqueiro, principalmente para populações de baixa renda que residem próximo aos estuários (ALMEIDA, 2009).

Os siris são crustáceos considerados generalistas ou mesmo oportunistas, o que quer dizer que não possuem uma preferência por alimentos. Geralmente, incluem-se, em sua dieta, crustáceos de menor tamanho, moluscos e uma infinidade de outras espécies, geralmente mortas ou em estágio de decomposição (CARVALHO; COUTO, 2010).

O *Callinectes* caracteriza-se como onívoro oportunista, com diversidade alimentar ampla e variações sazonais, com tendência a preda invertebrados bentônicos, especialmente moluscos (bivalves e gastrópodes) e crustáceos (ostrácodes, tanaidáceos e restos de decápodes) (OLIVEIRA, et al., 2006).

5.2. Moluscos

Os bivalves pertencem ao filo Mollusca, um grupo que inclui animais tão diversos como os gastrópodes, cefalópodes (lulas e polvos), entre outros. O filo inclui seis classes dentre elas a Bivalvia. Os organismos incluídos nesta classe são caracteristicamente comprimidos lateralmente e as partes do corpo moles encontram-se completa ou parcialmente encerradas num exosqueleto sob a forma de uma concha, composta por duas valvas calcárias. As valvas são unidas por ligamentos e músculos adutores e articulam-se numa charneira. O bivalve fecha a concha através da contração dos músculos adutores, que podem ser um ou dois, conforme a espécie. A geometria e distribuição das cicatrizes dos músculos adutores no interior da valva é um critério importante na classificação dos bivalves. A maior parte apresenta simetria bilateral, sendo o plano de simetria correspondente ao plano da charneira (HELM; BOURNE, 2004; LEES, 2000; OLIVEIRA, 2012; THORP; COVICH, 1991).

São animais em sua maioria marinhos, bentônicos infaunais ou epifaunais. A fauna bentônica inclui os organismos da epifauna e da endofauna. Os primeiros ocorrem sobre o substrato, consolidado ou não. Já a endofauna inclui todos aqueles organismos que escavam ou se encontram enterrados no sedimento ou nas rochas, sendo mais abundantes e diversificados no sedimento (GRAY;

ELLIOT, 2009; PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009). Alimentam-se por filtração, o corpo é constituído essencialmente por um pé e uma série de lâminas branquiais e, em alguns organismos, por sífões inalantes e exalantes para a entrada e saída da água, que traz oxigênio e alimento. As brânquias dos animais incluídos nesta classe estão bem desenvolvidas, sendo órgãos especializados tanto para a alimentação, como para a respiração (HELM; BOURNE, 2004).

Os moluscos bivalves podem ser encontrados tanto em água salobra, como em água doce. No entanto, as espécies marinhas são as mais abundantes e distribuem-se por todo o globo e por várias profundidades. Quanto ao tipo de alimentação, podem ser classificados como suspensívoros ou filtradores no caso de se alimentarem de partículas em suspensão na água ou detritívoros, caso se alimentem dos detritos da matéria orgânica em decomposição sobre o sedimento (OLIVEIRA, 2012; SILVA; BATISTA, 2008).

Os bivalves possuem um eficiente mecanismo de filtração que permite acumular, a partir da água em que são cultivados ou extraídos, inúmeros microorganismos, armazenando assim, uma flora bacteriana muito rica (KINNE, 1983). Esses moluscos também podem concentrar contaminantes químicos como metais pesados, compostos organoclorados, hidrocarbonetos e elementos radioativos. Devido a essa capacidade de bioacumular, os moluscos bivalves são importantes bioindicadores de alterações ambientais, assim como biomarcadores para o monitoramento de contaminação no ambiente aquático (LIANG et al., 2004).

5.2.1 Ostra (*Crassostrea rhizophorae*)

A ostra de mangue é um organismo de clima temperado e tropical sendo uma espécie estuarina nativa da América do Sul com distribuição ao longo de toda a costa brasileira principalmente nos estados da região nordeste (GONÇALVES et al., 2007), habitando as regiões de manguezal em enseadas, baías e estuários, fixando-se em rochas e substratos consolidados (RIOS, 1994; LENZ, 2008). Nos manguezais, encontra-se geralmente fixa aos rizóforos do mangue vermelho, *Rhizophora mangle* ocupando a região entremarés (BACON, 1971; LENZ, 2008; MATTOX, 1949; NASCIMENTO, 1983).

É um molusco classificado como *eurihalino* (que pode viver em águas com salinidades diferentes) e *osmoconformista* (a concentração do meio interno é

variável com as oscilações de concentração do meio onde habitam) e apresenta uma coloração variando do branco até o cinza escuro (Figura 6). Tem uma das conchas fixa a substratos duros, que podem ser formações rochosas que ficam submersas na maré alta, no fundo do estuário, ancoradouro, pilar de ponte ou raízes de *Rhizophora mangle*. É o bivalve que tem maior resistência a salinidade (GONÇALVES et al., 2007).

A concha das ostras do gênero *Crassostrea* é relativamente fina, com a valva direita maior e escavada e a esquerda se encaixando nesta e a cicatriz muscular, fruto da presença de um único músculo adutor (condição monomiária), localiza-se nas proximidades da margem dorsal da concha (COSTA, 1985; GALTSOFF, 1964; WAKAMATSU, 1973).



Figura 6. Foto da espécie ostra (*Crassostrea rhizophorae*).

Fonte: Arquivo próprio.

A ostra *Crassostrea rhizophorae*, é um molusco bivalve, cujo hábito alimentar filtrador tem a capacidade de filtrar até 10 litros de água por hora. Devido a este fato, esses organismos podem adsorver e bioacumular contaminantes químicos em geral, sendo por isto amplamente utilizado no monitoramento de contaminantes em águas naturais e estuarinas, atuando como biomonitores ambientais (MAMEDE, 2012; WARD, 1996). O acúmulo de metais pesados nas ostras deve-se também à capacidade limitada destes organismos de metabolizar e depurar contaminantes absorvidos, em comparação com muitas outras espécies (FARRINGTON et al., 1983).

O item mais importante na alimentação das ostras é o fitoplâncton e a disponibilidade dessa fração no plâncton está diretamente relacionada com o crescimento desse molusco (LENZ, 2008; NEWKIRK; FIELD, 1990;

WAKAMATSU, 1973). Além das algas planctônicas, as necessidades alimentares das ostras são satisfeitas por substâncias orgânicas suspensas na água, através do processo de filtração e seleção das partículas (JMELIOVA; SANZ, 1969; LENZ, 2008). A regulação da taxa de filtração é influenciada, não só pela concentração de partículas, mas também em função do seu tamanho podendo em ostras do gênero *Crassostrea* atingir mais de 400 litros/dia (ANDREWS, 1979, BORGES, 1989; LENZ, 2008).

5.2.2 Sururu (*Mytella falcata*)

O sururu é um molusco bivalve pertencente à família *Mytilidae*, sendo os gêneros mais comuns os *Perna perna* (Linnaeus, 1758), *Mytella falcata* (Orbigny, 1846) e *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) (Figura 7). Distribui-se do México ao Peru, no Oceano Pacífico, e da Venezuela ao Brasil, no Atlântico, sendo muito abundantes no litoral brasileiro (PINTO; BOEHS, 2008). Habita as regiões entremarés de manguezais, onde utiliza o bisso para fixar-se nas raízes subterrâneas. No Brasil é popularmente conhecido como “sururu”, “bacucu”, “bico de ouro” ou “marisco-do-mangue” (CEUTA, 2010).



Figura 7. Foto da espécie sururu (*Mytella falcata*).

Fonte: Arquivo próprio.

Apresenta-se como concha em forma de cunha lisa (que nos adultos possui coloração preta); segrega uma substância viscosa, com a qual adere às rochas ou a qualquer outro objeto da costa e do fundo do mar. Apesar de não ser de sabor tão delicado como a ostra, é comestível, muito apreciado e de grande valor comercial. O sururu e a ostra, por serem filtradores, geralmente apresentam altos índices de bioacumulação, devido à ingestão de grande quantidade de metais adsorvidos às partículas em suspensão (MOUCHEREK FILHO et al., 2003).

5.3. Peixes

Os peixes são compostos basicamente por água, lipídios e proteínas, cujas quantidades variam entre as espécies. A fração lipídica é a que mais oscila, ao longo do ciclo de vida em uma mesma espécie, chegando aos valores mínimos durante o período de ovulação. A fração de carboidratos no músculo dos peixes é baixa, geralmente menor que 0,5%, e é típica nos músculos estriados, aonde ocorre como glicogênio (ABABOUC, 2005).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda o consumo regular de peixes de uma a duas vezes por semana (WHO, 2003). O consumo de peixes e frutos do mar está associado ao efeito protetor contra doenças cardiovasculares e acidente vascular cerebral isquêmico (MOZAFFARIAN; WU, 2011).

A substituição regular de carnes e seus produtos por peixes e frutos do mar proporciona aumento do consumo dos ácidos graxos poliinsaturados, bem como diminui o consumo dos ácidos graxos saturados na dieta (MATTHYS et al., 2006).

Pesquisas têm sido realizadas para quantificar os níveis de contaminantes em peixes (SIOEN et al., 2008), como metais pesados e poluentes, e verificar os riscos relacionados ao consumo desses alimentos (BURGER; GOCHFELD, 2005; BURGER; GOCHFELD, 2006; FERNANDES et al., 2012; MORGANO et al., 2005; MOZAFFARIAN; RIMM, 2006). Os estudos sobre os possíveis riscos sugerem relação do consumo de peixes contaminados com predisposição ao câncer, doenças cardiovasculares e neurotoxicidade (FERNANDES et al., 2012). A espécie do peixe, a frequência de consumo e o tamanho da porção são aspectos essenciais para equilibrar os benefícios e os riscos do consumo regular (DOMINGO, 2007).

5.3.1. Pititinga (*Engraulidae* - *Centengraulis edentulus*)

Engraulidae são peixes pelágicos (do latim *pelagos*, que significa o "mar aberto") que vivem geralmente em cardumes, nadando livremente na coluna de água.

Os peixes pelágicos de pequenas dimensões são geralmente planctonófagos, ou seja, alimentam-se quase passivamente do plâncton disperso na água, que filtram à medida que "respiram", com a ajuda de *branquispinhas*, que são excrescências ósseas dos *arcos branquiais* (a estrutura que segura as brânquias ou guelras). Geralmente os planctonófagos, de águas costeiras e

estuários, se encontram em todos os oceanos do mundo. São conhecidos popularmente como manjuba, aletria, arenque, xangó, pipitinga e pititinga (FERREIRA, 1986).

Piquitinga vem do tupi *piki'tim*, "pele recortada, lanhada". "Pititinga" vem da junção dos termos tupis *pĩ*, "pele" e *ti ting*, "branca, branca". São encontradas por todos os oceanos, mas com maior concentração em águas temperadas e em menores concentrações em águas frias ou mares muito quentes. Geralmente, sobrevivem em uma variedade grande de temperaturas e salinidade (MARTINS-JURAS et al., 1987).



Figura 8. Foto da espécie pititinga (*Centengraulis edentulus*).

Fonte: Arquivo próprio.

São peixes de pequeno porte, de corpo lateralmente comprimido e prateado, apresentando uma quilha dérmica na parte ventral (Figura 8). A depender da localidade, a amplitude de tamanho dos peixes pode variar de 33 mm a 158 mm (GAY et al., 2000). A primeira maturação de *C. edentulus* ocorre em 118 mm para sexos grupados, e em 112 mm e 118 mm, para machos e fêmeas, respectivamente (CONCEIÇÃO et al., 2005). *Lile piquitinga* ocorre no Brasil, de Natal (RN) a Vitória (ES), sendo mais comum no nordeste. Ocupa fundos lamacentos e lagoas litorais salobras ou hipersalinas (SEVERI et al., 2007).

5.3.2. Miroró (*Gobionellus oceanicus*)

A espécie *Gobionellus oceanicus* são representados por peixes de pequeno porte, distribuídos desde a Carolina do Norte até o Brasil. Essa espécie no Brasil é conhecida pelos nomes vulgares de "miroró" e "mingula". Os Gobídeos não são peixes de grande valor econômico, porém são peixes importantes na cadeia alimentar marítima, por servirem de alimentos pra os carnívoros,

principalmente os centropomídeos (robalos), os quais incluem na sua dieta peixes e crustáceos (VASCONCELOS FILHO et al., 1993).



Figura 9. Foto da espécie miroró (*Gobionellus oceanicus*).

Fonte: Arquivo próprio.

Os gobídeos são peixes de pequeno porte, com raras exceções, em geral são inferiores a 100 mm. O corpo em geral é curto, a cabeça larga e os olhos de posição superior. A nadadeira dorsal pode se apresentar única, continua, com seis espinhos flexíveis anteriormente, seguidos de raios moles, ou dividida, a primeira com seis a oito espinhos e a segunda com um espinho e 9 a 25 raios moles. A nadadeira anal contrapõe-se a dorsal mole e possui um espinho anterior seguido de raios moles em número semelhante ao da dorsal mole. As nadadeiras pélvicas estão inseridas sob as peitorais e na maioria das espécies estão conectadas entre si, formando um disco, caráter que as separa dos demais peixes (FIGUEIREDO; MENEZES, 1985).

O *Gobionellus oceanicus* (Figura 9), possui a dorsal com seis espinhos e 14 raios, anal com 15 raios. Corpo com 60 a 70 fileiras transversais de escamas e com uma mancha ovalada característica, localizada na linha mediana lateral acima da metade posterior da nadadeira peitoral. Região anterior do primeiro espinho dorsal com duas a quatro manchas escuras (ELGUEZABAL et al., 2003).

Os representantes da família Gobiidae exibem uma ampla gama de estratégias de alimentação, em razão do grande número de espécies que possui, estratégia adaptativa que pode ter permitido a estes peixes a ocupação dos mais variados habitats. A preferência por invertebrados bentônicos é observada em todas as espécies analisadas, corroborando o fato de que a maioria das espécies desta família vive em contato direto com o substrato (ELGUEZABAL et al., 2003).

O *Gobionellus oceanicus*, tem uma dieta constituída essencialmente de algas, diatomáceas e clorofitas, mostrando um comportamento alimentar iliófago. Os peixes iliófagos ingerem o substrato formado por lodo e areia, que não constitui um alimento em si, mas que contém detritos orgânicos, restos animais e vegetais e algas microscópicas que são selecionados por um aparato digestivo adaptado para assimilar o alimento (ZAVALA-CAMIN,1996).

6. ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

A espectrometria de absorção atômica é uma das técnicas espectrométricas mais utilizadas nos últimos 50 anos para a determinação de elementos individuais em diferentes tipos de amostras (OLIVEIRA, 2004).

O princípio fundamental da espectrometria de absorção atômica envolve a medida da absorção da intensidade da radiação eletromagnética, proveniente de uma fonte de radiação primária, por átomos gasosos no estado fundamental. A espectrometria de absorção atômica (AAS – Atomic Absorption Spectrometry) utiliza esse fenômeno para a determinação quantitativa de elementos (metais, semimetais e alguns não metais) em uma ampla variedade de amostras, tais como, materiais biológicos (tecidos e fluidos), ambientais (água, solos, sedimentos e plantas), alimentos, geológicos, tecnológicos, entre outros (WELZ; SPERLING, 1999).

Os dois tipos de atomizadores mais usados em AAS são a chama e o forno de grafite. A espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS – Flame Atomic Absorption Spectrometry) é a técnica mais utilizada para análises elementares em níveis de mg L^{-1} , enquanto que a espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em forno de grafite (ETAAS – Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry) é utilizada para determinações de baixas concentrações ($\mu\text{g L}^{-1}$) (WELZ; SPERLING, 1999).

6.1. Técnicas de calibração e controle de qualidade dos dados

O desenvolvimento de um método analítico, a adaptação ou implementação de método conhecido, envolve processo de avaliação que estime sua eficiência na rotina do laboratório. Esse processo costuma ser denominado de validação (BRITO et al., 2003). Trata-se de um importante item a ser

investigado para a apropriada validação do método e, assim, garantir precisão e exatidão na análise de suspensões (BRANDÃO, 2010).

Determinado método é considerado validado se suas características estiverem de acordo com os pré-requisitos estabelecidos. Portanto, existe diferença entre a execução de experimentos que determinam os diversos parâmetros (coleta dos dados experimentais) e a validação. Essa deve avaliar a relação entre os resultados experimentais e as questões que o método se propõe a responder. O objetivo da validação consiste em demonstrar que o método analítico é adequado para o seu propósito (WALSH, 1999).

Diversas estratégias têm sido empregadas para a determinação da concentração do analito na suspensão (BRANDÃO, 2010). Os parâmetros de validação de métodos analíticos envolvem Especificidade, Função da Resposta (gráfico analítico), Intervalo de Trabalho, Linearidade, Sensibilidade, Exatidão, Precisão, Limite de Detecção (LD), Limite de Quantificação (LQ) e Robustez (BRITO et al., 2003). Abordaremos apenas alguns desses parâmetros.

6.1.1. Especificidade

O termo especificidade define a capacidade do método em detectar o analito de interesse na presença de outros componentes da matriz (BRESSOLLE et al., 1996; BRITO et al., 2003). O processo para demonstrar a especificidade do método depende do seu objetivo. Em diversas técnicas analíticas (como nas análises cromatográficas, por exemplo) esse parâmetro pode ser estabelecido pela comparação do resultado obtido com a combinação de vários fatores. Como substâncias diferentes podem apresentar respostas similares em dadas condições deve-se proceder à análise, seguida por outras técnicas comprobatórias (como cromatografia ou eletroforese acoplada à espectrometria de massas). Outra maneira de avaliar a especificidade envolve a adição de padrão analítico (muito empregada em análises por espectrometria de absorção ou de emissão atômica) ou a comparação com padrão externo (BRESSOLLE et al., 1996).

6.1.2. Exatidão

A exatidão, definida como a concordância entre o valor real do analito na amostra e o estimado pelo processo analítico (AMARANTE JUNIOR et al., 2001;

FRANCOTTE et al., 1996; GONZÁLEZ et al., 1999; ISSO, 1994; WESLEY et al., 1991), constitui a chave para o propósito da validação (BRITO et al., 2003). Os quatro métodos principais, propostos para o estudo da exatidão, são baseados no uso de material de referência certificado (MRC), na comparação do método proposto com um método de referência, no uso de ensaios de recuperação na matriz e em estudos colaborativos (GONZÁLEZ et al., 1999). Os MRC (quando disponíveis) são os materiais de controle preferidos, pois estão diretamente relacionados com padrões internacionais. O processo de avaliação por meio de MRC consiste em analisar número suficiente de replicatas desse material e comparar os resultados obtidos com o valor certificado. Entretanto, o alto custo do MRC e a abrangência limitada de matrizes e analitos restringem seu uso (WESLEY et al., 1991).

6.1.3. Precisão

O parâmetro que avalia a proximidade entre várias medidas efetuadas na mesma amostra é a precisão do processo analítico (BRITO et al., 2003). O termo precisão fornece a dispersão dos valores medidos em torno de um valor médio, e seu valor numérico é estimado pelo desvio padrão relativo (DPR), para análises de amostras contendo a mesma quantidade das espécies de interesse (RIBEIRO et al., 2008). O DPR é ainda conhecido como coeficiente de variação (CV). O CV é dado pela Equação 1 (BRITO et al., 2003):

$$CV\% = \frac{s}{M} \times 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

s = desvio-padrão das recuperações e M = média das recuperações.

6.1.4. Limites de Detecção e Quantificação

A sensibilidade de um método é definida pelos limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ). O LD é a menor concentração da espécie de interesse que pode ser detectada pela técnica instrumental, enquanto o LQ é a mais baixa concentração que pode ser quantificada dentro dos limites de precisão e exatidão do método durante as operações de rotina do laboratório, em condições usuais (RIBEIRO et al., 2008). O LD pode ser determinado mediante o sinal/ruído, o desvio-padrão da resposta e do coeficiente angular e por processos estatísticos.

Analistas, quando desenvolvem métodos novos ou modificados para análise de traços, freqüentemente definem o LD e o LQ em termos do desvio-padrão de medidas do branco (BRITO et al., 2003).

6.1.5. Robustez

A robustez de um método é a sua capacidade de resistir a pequenas variações dos parâmetros analíticos sem alterar significativamente sua exatidão e precisão, portanto, é uma medida da quantidade de variabilidade que o método pode suportar, sem perder a confiabilidade, e sua estimativa depende do tipo de metodologia analítica utilizada. A robustez de um método pode ser estimada variando-se os parâmetros analíticos e comparando a precisão obtida em cada determinação (BRITO et al., 2003; RIBEIRO et al., 2008).

6.2. Espectrometria de absorção atômica com forno de grafite

A AAS é uma técnica que apresenta alta seletividade e poucas interferências, uma vez que as transições eletrônicas ocorrem em comprimentos de onda específicos de cada elemento. Nesta técnica, são empregadas fontes de radiação específicas produzidas com o próprio elemento a ser determinado. As fontes de radiação comumente empregadas são as lâmpadas de cátodo oco (Hollow Cathode Lamp - HCL) ou lâmpadas de descarga sem eletrodos (Electrodeless Discharge Lamp - EDL).

O acoplamento de um forno de grafite ao espectrômetro de absorção atômica deu origem à chamada espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica ou espectrometria de absorção atômica com forno de grafite, quando um tubo de grafite é usado como atomizador (Figura 10). Nesta técnica, a amostra é introduzida em um tubo de grafite através de um orifício no mesmo, por meio de uma micropipeta ou de um amostrador automático (SAINT'PIERRE, 2004).



Figura 10. Forno de grafite (AAS – Varian Spectra AA 240FGZ, Mulgrave Victoria, AU).

Fonte: Arquivo próprio.

Uma vez dentro do tubo de grafite, a amostra é submetida a um programa de temperatura. Geralmente o programa inclui três passos básicos: 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).

6.3. Espectrometria de absorção atômica com vapor frio

Os primeiros espectrômetros de absorção atômica utilizavam uma chama como atomizador (FAAS), e ainda hoje são fabricados e bastante difundidos aparelhos nos quais a amostra é introduzida em uma chama, após nebulização, a matriz da amostra é queimada e os analitos são atomizados. No estado atômico, o analito absorve radiação proveniente da fonte, em comprimentos de onda específicos, característicos de cada elemento, que passa através da chama. A quantificação da atenuação dessa radiação (absorvância) emitida pela fonte permite determinar a concentração do analito na amostra, por comparação com as atenuações produzidas por soluções de calibração (SAINT'PIERRE, 2004).

A espectrometria de absorção atômica com vapor frio (CV AAS) (Figura 11) é a técnica mais largamente usada para a determinação de mercúrio por causa da sua alta sensibilidade, ausência quase absoluta de interferências espectrais,

custo operacional relativamente baixo e simplicidade. Entretanto, a determinação de mercúrio total por CV AAS geralmente requer um pré-tratamento da amostra, a fim de atingir decomposição completa da matéria orgânica e produzir, quantitativamente, uma espécie de mercúrio iônica, a qual pode ser posteriormente reduzida a mercúrio elementar (TORRES, 2009).

A geração química de vapor (Chemical Vapor Generation - CVG) é uma técnica analítica bastante sensível na qual os analitos são vaporizados na forma de átomos ou moléculas gasosos através de uma reação química à temperatura ambiente e, posteriormente, transportados para um atomizador ou cela de absorção aquecida ou não. A geração química de vapor pode ocorrer através da técnica de geração de hidreto para determinação de elementos como As, Bi, Pb, Sb, Se, e Te, técnica de vapor frio, para determinação de Hg e Cd, etilação, para determinação de Pb e Hg, e geração de carbonil, para determinação de Ni (TORRES, 2009).



Figura 11. Espectrômetro de absorção atômica (Varian, Spectr AA 55B, Mulgrave Victoria, AU), acoplado ao Vapor Frio.

Fonte: Arquivo próprio.

A espectrometria de absorção atômica com geração química de vapor (Chemical Vapor Generation - CVG) é um método analítico instrumental sensível e convencional, amplamente usado, que possui vantagens e desvantagens, descritos da Tabela 2 (TORRES, 2009).

Tabela 2. Vantagens e desvantagens da CVG.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> - Garante uma eficiência de transporte de até 100% do frasco reacional ao atomizador, - O vapor formado é homogêneo, - Permite a separação do analito a partir da matriz potencialmente interferente, - Utilização de um grande volume de solução, - Obtenção de baixos LD*, também devido à possível pré-concentração <i>in situ</i> do analito, - Permite estudos de especiação, - Pode ser acoplada a diferentes técnicas (AAS, ICP-OES, ICP-MS). 	<ul style="list-style-type: none"> - A primeira etapa é uma reação química, sujeita a interferências, - O estado de oxidação e forma (composto) do analito são críticos, - Concomitantes da solução podem impedir a geração ou liberação do vapor, - O pH da solução e as concentrações dos reagentes podem ser críticos, - Cinética da reação e liberação podem ser afetadas por fatores como viscosidade e volume, - O mercúrio é particularmente sensível a reações de troca, o que pode causar perdas e contaminação.

* LD = Limite de detecção.

7. 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). 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 (JARDIM; CALDAS, 2009).

Comitês científicos internacionais, como o Comitê Misto FAO/OMS e Peritos em Aditivos Alimentares (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives - JECFA), da Reunião Conjunta FAO/OMS sobre Resíduos de Pesticidas (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives - JMPR); comitês científicos regionais, tais como os da União Europeia; bem como as agências reguladoras nacionais utilizam geralmente a abordagem do fator de segurança para estabelecer a ingestão de substâncias que apresentam limiares de toxicidade aceitáveis ou toleráveis. Níveis de efeito não observáveis (NOELs) e níveis de efeito adverso não observados (*non observed adverse effect level* - NOAELs) são identificados nos estudos críticos, para que os fatores de segurança ou de incerteza sejam aplicados adequadamente (HERRMAN; YOUNES, 1999).

As questões relacionadas à contaminação e poluição dos ambientes aquáticos têm sido uma crescente preocupação não somente devido às frequentes ocorrências de inúmeros compostos orgânicos e inorgânicos, contendo metais tóxicos nos compartimentos biótico e abiótico, mas principalmente pelos seus efeitos deletérios à biota dos ecossistemas e a saúde dos consumidores, quando em concentrações elevadas (MENEZES, 2008).

A avaliação dos níveis de metais tóxicos em peixes consumidos localmente é o primeiro passo para avaliação de riscos à população humana devido à contaminação ambiental por esses metais. Muitos metais tóxicos podem ser acumulados no organismo aquático até níveis que podem ser prejudiciais às pessoas que os consomem. Os riscos a saúde associados à ingestão de pescados contaminados chegam a ser de vinte a quarenta vezes mais elevada dos que o resultado de ingestão de água contaminada. Isto se deve ao fato dos organismos aquáticos serem capazes de concentrar os elementos traço em até cento e cinco vezes as concentrações observadas no meio ambiente (BARROS et al., 2010).

Vários métodos têm sido propostos para a avaliação dos potenciais riscos à saúde humana a partir da exposição química. Métodos de avaliação de risco para efeito não carcinogênico são calculados através do uso do quociente de risco (QR), numa proporção entre a dose estimada de um contaminante e a dose de referência abaixo do qual não haverá qualquer risco apreciável. Se tal proporção for superior a unidade, pode haver preocupação com potenciais efeitos na saúde (STORELLI, 2008).

7.1 Avaliação Quantitativa de Riscos

De uma forma geral, a avaliação de riscos pode ser entendida como o conjunto de procedimentos e técnicas específicas que sintetizam as melhores informações científicas disponíveis e julgamentos técnicos, com o objetivo de identificar, quantificar e avaliar os riscos à saúde humana, meio ambiente e outros bens. As principais ferramentas de avaliação de risco atualmente disponíveis permitem avaliar o risco para a saúde humana e para outros sistemas ecológicos (NARDOCCI, 2009).

A probabilidade de uma substância produzir efeito adverso está relacionada, primeiramente, com a sua potencialidade intrínseca de produzir efeitos tóxicos e, depois, com a susceptibilidade da população exposta. De maneira geral, os efeitos podem ser de dois tipos: sistêmicos e carcinogênicos. Os poluentes sistêmicos são aqueles que produzem efeitos tóxicos outros, que não sejam câncer ou mutação gênica. Os poluentes carcinogênicos são aqueles capazes de induzir uma modificação celular e iniciar um processo carcinogênico (USEPA, 1986).

A toxicidade sistêmica é tratada de forma a se estabelecer um limiar de exposição (uma fronteira abaixo da qual não serão observados os efeitos adversos). A existência de um limiar é uma das características que distingue os efeitos das toxicidades sistêmicas das mutagênicas e das carcinogênicas, já que estes últimos são tratados como processos sem um limiar definido (BRILHANTE; CALDAS, 1999).

Os efeitos com limiar são usualmente referidos na literatura como efeitos não carcinogênicos, ou efeitos sistêmicos, e compreendem os efeitos em órgãos específicos, neurológicos/comportamentais, imunológicos, reprodutivos e de desenvolvimento. Nesses casos, para a avaliação de riscos é assumido que há um limiar de efeito, ou seja, um valor de dose abaixo do qual, provavelmente, não há efeitos adversos observáveis. Tradicionalmente, estes valores têm sido derivados dos valores de NOAEL, considerando-se fatores de segurança e incerteza (NARDOCCI, 2009). Muitas agências internacionais têm desenvolvido valores de referência para serem utilizados em avaliação de riscos, entre os quais destacam-se: dose de referência (RfD) ou concentração de referência (RfC) (USEPA); incorporação diária tolerável/concentração diária tolerável (*Health*

Canada); minimal risk level (MRL) (ATSDR- *Agency of Toxic Substance and Disease Registry*); incorporação diária tolerável (IPCS –*International Programme on Chemical Safety*). A Comunidade Europeia não tem derivado valores de referência e trabalha com a comparação direta das doses calculadas com os níveis de efeitos (NARDOCCI, 2009; WHO, 1999).

A avaliação de risco é a estimativa da probabilidade, magnitude e incerteza dos efeitos adversos à saúde humana associados à exposição (NRC, 1983). A determinação da presença do risco e sua potencial magnitude, tendo em vista a saúde humana, é realizada durante o processo de Avaliação de Risco, constituído basicamente de quatro etapas: identificação do risco, avaliação dose-resposta, avaliação da exposição e caracterização do risco (BRILHANTE; CALDAS, 1999; NRC, 1983).

7.2. Identificação do Risco

É a primeira etapa da Avaliação de Risco e consiste em se determinar o grau de toxicidade de um agente. A exposição a um dado agente, dependendo da dose, pode resultar em uma variedade de efeitos tóxicos. Estes efeitos podem variar desde a morte de um organismo até pequenas mudanças bioquímicas, fisiológicas ou patológicas (BARNES; DOURSON, 1988). A identificação do risco é, portanto, uma avaliação qualitativa do risco (BEIR III, 1980).

7.3. Avaliação Dose-Resposta

A “avaliação dose-resposta” é baseada na relação da dose com a resposta individual a esta dose. De maneira geral, observações têm revelado que com o aumento da dosagem de um agente tóxico, há um aumento na resposta, em termos de severidade e de incidência do efeito. Logo, nesta etapa, deve-se, primeiramente, decidir qual a resposta tóxica crítica a ser medida e definir exatamente a dose associada, seja dose absorvida ou administrada (BRILHANTE; CALDAS, 1999).

A relação dose-efeito descreve a intensidade de um efeito adverso em relação à intensidade da dose para um período específico de exposição. Por outro lado, a relação dose-resposta descreve a proporção das respostas individuais em relação à intensidade da dose para um período específico de exposição. Dentro deste aspecto, é de extrema importância a necessidade de se conhecer os

limiares para a relação dose-efeito, a fim de se garantir que a exposição de indivíduos ou de uma população não exceda a dose para a qual existe a possibilidade de ocorrência de efeitos adversos (BRILHANTE; CALDAS, 1999).

O resultado destas duas etapas de “Identificação do risco” e “Avaliação dose-resposta” irão determinar os valores de referência para efeitos de toxicidade sistêmica e carcinogênica. Destas duas avaliações surgem os valores de Dose de Referência - RfD, para toxicidade sistêmica, e o fator potencial de câncer - *slope factor*, para toxicidade carcinogênica. Os valores de dose de referência e de *slope factors* aprovados pela EPA são listados no IRIS - Integrated Information System (IRIS, 1993).

7.4. Critérios Para Efeitos de Toxicidade Sistêmica — Rfd

A toxicidade sistêmica é tratada de forma que se possa estabelecer um limiar de exposição (uma fronteira abaixo da qual não são observados efeitos adversos). Esta caracterização distingue os pontos terminais sistêmicos dos mutagênicos e carcinogênicos já que os últimos são tratados como processos sem um limiar definido. A Agência de Proteção Ambiental Americana (Environmental Protection Agency - U.S.EPA) utiliza o fator Dose de Referência (RfD) como substituição ao conceito de ingestão máxima aceitável (ADI), tendo em vista a necessidade de se evitar termos considerados prejudiciais do ponto de vista regulador, tais como “aceitável” e “seguro” (BRILHANTE; CALDAS, 1999).

A dose de referência (RfD) vem de encontro à necessidade de se mudar a filosofia de dose segura e de se utilizar uma dose de referência na qual se devem basear as decisões e não uma dose máxima aceitável. Pode ser definido como uma estimativa (com incerteza de até mais de uma ordem de grandeza) de exposição diária de uma população humana (incluindo os grupos sensíveis) que provavelmente não apresenta risco de efeitos adversos durante toda a vida (BRILHANTE; CALDAS, 1999). RfD é expressa em miligrama por quilograma de peso corpóreo por dia (Equação 2).

$$\text{RfD} = \text{NOAEL} / \text{FI} \times \text{FM} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

NOAEL (No Observed Adverse Effect Level - dose sem efeito adverso observado) é uma dose, determinada experimentalmente, na qual não existe nenhuma indicação estatística ou biologicamente significativa do efeito tóxico. Os valores de NOAELS são obtidos a partir de estudos com populações humanas (investigações epidemiológicas) e estudos em laboratório com animais. Em vários experimentos relativos a uma mesma substância, com diferentes valores de NOAEL, geralmente se usa o maior deles e quando este não foi determinado experimentalmente é utilizado o LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level – dose para o menor efeito adverso observado), dose também determinada experimentalmente, responsável pelo menor efeito adverso observado. FI é o Fator de Incerteza que reflete os vários tipos de dados usados para estimar o RfD, geralmente múltiplos de 10 (BRILHANTE; CALDAS, 1999).

FM é um Fator Modificador que reflete um julgamento profissional. Trata-se de um Fator de Incerteza adicional maior do que zero e menor ou igual a 10. A magnitude do valor de FM depende da avaliação profissional das incertezas científicas do estudo, não explicitamente tratadas nos fatores de incertezas. No caso onde não existe a necessidade de mais este Fator de Incerteza, o valor de omissão para FM é 1 (BRILHANTE; CALDAS, 1999).

7.5. Avaliação da Exposição

O objetivo da "avaliação da exposição" é determinar ou estimar a frequência, magnitude, duração e as possíveis vias de exposição ao poluente (USEPA, 1986). A estimativa da exposição pode ser baseada diretamente em medidas ambientais ou estimada pelo uso de modelos específicos para as condições existentes. Esta avaliação pode ser dividida em três etapas:

7.5.1. Caracterização do cenário

Compreende a definição de características gerais do local, da população e das fontes de exposição. Características básicas do local tais como clima, vegetação, hidrologia de águas subterrâneas e localização de águas de superfície (rios, lagos, mares, lagoas ou represas). A população exposta também deve ser identificada e descrita no que diz respeito às características que influenciam a exposição, tais como localização, hábitos populacionais e a presença de grupos sensíveis (crianças, velhos, doentes).

7.5.2. Identificação das vias de exposição

Nesta etapa são identificadas as vias de exposição pelas quais a população selecionada anteriormente pode vir a ser exposta. Isto é feito com base nas possíveis fontes, tipos e localização de lançamentos, assim como a localização e atividades da população potencialmente exposta (BRILHANTE; CALDAS, 1999).

7.5.3. Estimativa da exposição

É estimada a concentração do poluente que entrará em contato com os indivíduos da população pelas diversas vias de exposição. A incorporação, como medida da exposição, pode ser expressa de duas formas: Incorporação Diária Crônica (IDC) e Incorporação Diária Subcrônica (IDS). A primeira delas é baseada numa exposição estimada por um longo período de tempo (mais que sete anos) e a Incorporação Diária Subcrônica em uma exposição por um período específico (de duas semanas a sete anos) (BRILHANTE; CALDAS, 1999).

7.6. Caracterização do Risco

A caracterização do risco serve como ponte entre a avaliação do risco e o gerenciamento do risco e é, portanto, uma etapa-chave no processo de tomada de decisão. Deve conter não somente a apresentação da estimativa quantificada do risco, como também uma discussão e interpretação dos resultados para ajudar no julgamento do significado do risco (USEPA, 1986).

Nesta última etapa do processo de Avaliação de Risco, a avaliação da exposição e da toxicidade são resumidas e integradas em expressões quantitativas e qualitativas do risco (BRILHANTE; CALDAS, 1999).

7.7. Risco Para Toxicidade Não-Carcinogênica

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 (RfD) derivada para o mesmo período. Esta razão entre a exposição e a dose de referência é chamada de (QRp) e é definida pela Equação 3 e 4.

$$QR_{p,a} = I_{p,a} / RfD \quad ((\text{Equação 3}))$$

Onde:

RfD = Dose de referência (mg/kg.dia).

I_{p,a} = Incorporação diária do poluente ρ no alimento a , crônica ou subcrônica (mg/kg.dia).

$$I_{p,a} = T_{x,a} \cdot C_{p,a} \cdot FE \cdot DE / PC \cdot TM \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

tx_a = Taxa de ingestão do alimento a (kg/dia).

C_{p, a} = Concentração do poluente ρ no alimento a (mg/kg).

FE = Frequência da exposição.

PC = Peso corpóreo (kg).

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 $I/RfD > 1$), 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).

7.8. Índice de Risco para Exposições Múltiplas

Enquanto alguns riscos ambientais envolvem exposições significativas a apenas um determinado poluente, outros envolvem exposições seqüenciais e simultâneas a uma mistura de poluentes que podem induzir efeitos similares ou diferentes. Para avaliar os efeitos potenciais causados por múltiplas substâncias no meio ambiente, a EPA assume a aditividade de dose, quando não existirem informações sobre a toxicidade das substâncias combinadas. Possíveis efeitos de sinergismo, aditivismo e antagonismo estão sendo estudados nas avaliações para mistura de duas ou mais substâncias (U.S. EPA, 1986).

Logo, para avaliar o potencial de efeitos não-carcinogênicos, causados por mais de uma substância, uma aproximação é feita pelo índice de Risco (IR), que é a soma de todos os Quocientes de Risco, de acordo com a Equação 5 (U.S. EPA, 1986):

$$IR_v = \sum QR_p \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

IR_v = Índice de Risco para vários poluentes.

QR_p = Quociente de Risco para o poluente *p*.

A estimativa da exposição às múltiplas vias é dada pelo índice de Risco total, de acordo com a Equação 6.

$$IR_t = \sum IR_v \quad \text{(Equação 6)}$$

Onde:

IR_t ou IR_{total} = índice de Risco total devido às múltiplas substâncias e às várias vias de exposição.

IR_v = índice de Risco devido às múltiplas substâncias para a via de exposição *v*.

Esta abordagem assume que exposições simultâneas, mesmo que individualmente abaixo de um determinado limiar, podem resultar em um efeito adverso à saúde. Existem várias limitações a este tipo de abordagem que devem ser comentadas:

- O nível de importância do IR não aumenta linearmente à medida que se aproxima ou excede a unidade, tendo em vista que os quocientes de risco são combinados para substâncias com RfDs baseados em efeitos críticos de várias significâncias toxicológicas e diferentes fatores de incerteza.
- A abordagem de aditividade da dose é mais apropriadamente aplicada a compostos que induzam o mesmo tipo de efeito pelo mesmo mecanismo de ação. Conseqüentemente, a aplicação do índice de risco a um número de compostos que não induzem o mesmo tipo de efeito ou que não ajam pelo mesmo mecanismo, pode superestimar os efeitos potenciais. Esta aproximação, entretanto, é apropriada em nível de uma triagem preliminar - *screening*.
- Estas limitações geralmente não são de grande importância quando somente uma ou duas substâncias conduzem o índice de risco acima da unidade. Se o índice de risco for maior que a unidade, como conseqüência da soma de vários quocientes de risco, é mais apropriado separar os compostos, por efeitos e por mecanismos de ação, e derivar índices de risco para cada grupo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABABOUC, L. **Fisheries and Aquaculture topics**. Chemical elements of fish. Topics Fact Sheets. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome: FAO; 2005. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/topic/14820/en>)

ABABOUC, L. **Fisheries and Aquaculture topics**. Composition of fis764h. Topics Fact Sheets. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome: FAO; 2005 (Acesso em 05/12/2014). Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/topic/12318/en>

ALMEIDA, I. S. **Avaliação das concentrações de metais pesados em tecido muscular de siri, *Callinectes bocourti* (A. Milne Edwards, 1879), da laguna de Manguaba (AL)**. Monografia -- Universidade Estadual do Norte Fluminense UENF. Campos dos Goytacazes – RJ, 2009, 43p.

ALMEIDA, V.G. Capítulo 5: Aspectos da fauna. Parte II: A Baía de Todos os Santos hoje – Cenário natural. In: **UFBA-NIMA. Baía de Todos os Santos: diagnóstico sócioambiental e subsídio para a gestão**. Bahia: Germen, p.137-146, 1997.

AMADO-FILHO, G. M.; SALGADO, L. T.; REBELO, M. F.; REZENDE, C. E.; KAREZ, C. S.; PFEIFFER W. C. Heavy metals in benthic organisms from Todos os Santos Bay, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v.68, n.1, p.95-100, 2008.

AMARANTE JUNIOR, O. P.; CALDAS, E. P. A.; BRITO, N. M.; SANTOS, T. C. R.; VALE, M. L. B. F. Validação de métodos analíticos: uma breve revisão. **Cadernos de Pesquisa**, v. 12, p. 116-131, 2001.

ANDREWS, J. D. Pelecypoda: Ostreidae. In: GIESE, A. C.; PEARSE, J. S. **Reproduction of Marine Invertebrates**, New York Academic Press, p. 293-341, 1979.

BACON, P. R. Studies on the biology and cultivation of the mangrove oyster in Trinidad with notes on the other shellfish resource. **Tropical Science**, v. 12, n. 4, p. 265-278, 1971.

BAHIA. Secretaria da Indústria e Comércio. Departamento de Indústria e Comércio. **Plano Diretor do CIA (Centro Industrial de Aratu)**. Salvador- BA, 1980, 67p.

BARROS, B. C. V.; PEREIRA, S. F. P.; PALHETA, D. C.; SILVA, C. S. Determinação de Cd, Cr e Al em tecido de peixes provenientes do Rio Gelado/Apa, Floresta de Carajás-PA. **Holos Environment**, v. 10, n. 2, p. 105-208, 2010.

BORGES, A. C.; VILLAR, L. S. Barreiras naturais contra metais tóxicos. *Ciência Hoje*, v. 48, n. 287, p. 34-37, 2011.

BORGES, M. T. M. **Sobre a nutrição de Moluscos Bivalves em cultura controlada, com especial referência aos aspectos qualitativos**, Séries Monografias: Instituto de Zoologia Dr. Augusto Nobre. Universidade do Porto, Portugal, 1989, 87p.

BOWMAN, T. E. e ABELE, L. G. **Classification of the recent Crustacea**. In: D. E. Bliss. *The biology of Crustacea: sistematic, the fossil record, and biogeography*. New York, Academic Press, v. 1, p. 1-25, 1982.

BRANDÃO, G. C. **Estratégias alternativas de preparo de amostras para a determinação de metais em alimentos por espectrometria de absorção atômica em chama**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador-BA, 2010, 95p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. RIISPOA: **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Decreto nº 120.691, Brasília: 1984.

BRASIL. **Gerenciamento dos Resíduos de Mercúrio nos Serviços de Saúde** / Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Vigilância Sanitária– Brasília: MMA, 2010, 46 p.

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.

BRESSOLLE, F.; BROMET-PETIT, M.; AUDRAN, M. Validation of liquid chromatographic and gas chromatographic methods: applications to pharmacokinetics. **Journal Chromatography B**, v.686, p.3-10, 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 05/01/2015.

BRITO, N. M.; AMARANTE JUNIOR, O.P.; POLESE, L.; RIBEIRO, M.L. Validação de métodos analíticos: estratégia e discussão. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, p. 129-146, 2003.

BRITO, R. R. C. Capítulo I: Ambientes aquáticos. Parte II: A Baía de Todos os Santos hoje – Cenário natural. In: UFBA-NIMA. **Baía de Todos os Santos: diagnóstico socioambiental e subsídio para a gestão**. Bahia: Germen, p.69-78, 1997.

BRUSCA, R. C., and BRUSCA, G. J. **Invertebrates**. 2 ed. Published by. Sinauer Associates, Sunderland, Massachu-setts, 2003, 936 p.

BURGER, J.; GOCHFELD, M. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. **Environmental Research**, v.99, n.3, p.403-12, 2005.

BURGER, J.; GOCHFELD, M. Mercury in fish available in supermarkets in Illinois: Are there regional differences. *Science of the Total Environment*, v.367, n.2-3, p.1010-16, 2006.

CARDOSO, P. C. S.; LIMA, P. L.; BAHIA, M. O.; AMORIM, M. I. M.; BURBANO, R. R.; FARIAS, R. A. F. **Efeitos biológicos do mercúrio e seus derivados em seres humanos**. Universidade Federal do Pará. Amazonas, 2002, 18p.

CARQUEIJA, C. R. G.; GOUVÊA, E. P. Hábito alimentar de *Callinectes Larvatus* Ordway (Crustacea, Decapoda, Portunidae) no manguezal de Jiribatuba, Baía de Todos os Santos, Bahia. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 15, n. 1, p. 273 - 278, 1998.

CARVALHO, F. L.; COUTO, E. C. G. Dieta do siri *Callinectes exasperatus* (Decapoda, Portunidae) no estuário do Rio Cachoeira, Ilhéus, Bahia. *Uniciências*, v.14, n.2, 2010.

CAVALCANTI, A. D. Monitoramento da contaminação por elementos traço em ostras comercializadas em Recife, Pernambuco, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 19, n. 5, p.1545-1551, 2003.

CEUTA, L. O. **Parasitas e histopatologia do marisco-do-mangue, *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Mytilidae), da Baía de Camamu (Bahia)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais. Ilhéus, BA: UESC, 2010, 35p.

CIRANO, M.; LESSA, G. C. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 25, p. 363-387, 2007.

CONCEIÇÃO, J. M. S.; RIBEIRO, M. R.; SILVA, M. A. C. Dinâmica populacional, biologia reprodutiva e o ictioplâncton de *Cetengraulis edentulus* Cuvier (Pisces, Clupeiformes, Engraulidae) na enseada do Saco dos Limões, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 22, n. 4, p. 953–961, 2005.

COSTA, L. C. A.; ROHLFS, D. B. **O mercúrio e suas consequências para a saúde**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 2010, 20p.

COSTA, P. F. Biologia e tecnologia para o cultivo de ostras. *In*: Brasil. Ministério da Marinha. Instituto Nacional de Estudos do Mar, **Manual de Maricultura**. Rio de Janeiro, cap. VIII, parte B, 1985, 36 p.

D'MELLO, J.P.F.; JORHEM, L. Food Safety Contaminants and Toxins. Heavy Metals - **CABI Publishing**, 2003, 469p.

DE GENNARO, L. D. Lead and the developing nervous system. **Growth Dev Aging**, v. 66, n. 1, p. 43–50, 2002.

EMERENCIANO, D.P; SILVA, H.F.O.; CARVALHO, G.C., CRUZ, A.M.F, MOURA, M.F.V. Análise da ocorrência de metais: bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo,

estanho, níquel e zinco, em mexilhão (*Anomalocardia brasiliiana*) coletados no Estuário Potengi/Jundiá – RN. **Revista Publica**, n. 4, p. 01-09, 2008.

FAO/WHO, 1989. **Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, Technical Report Series 759**. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

FARRINGTON, J. W.; GOLDBERG, E. D.; RISEBROUGH, R. W.; MARTIN, J. H.; BOOWEN, V. T. An overview of the trace-metal, DDE, PCB, hydrocarbon and artificial radionuclide data. **Environmental Science and Technology**, v. 17, p. 490-496, 1983.

FERNANDES, A. M.; MEDEIROS, C. O.; OPOLSKI, C.; BERNARDO, G. L.; EBONE, M. V.; Di PIETRO, P. F. et al.,. Benefícios e riscos do consumo de peixes para a saúde humana: uma revisão crítica. **Revista de Nutrição**, v. 2, 2012.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. Segunda edição. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986, p.1082.

FERREIRA, A. N. **Avaliação do impacto da dragagem sobre associação fitoplanctônica do Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos – Salvador**. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente - POSPETRO, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2011, 73p.

FRANCOTTE, E.; DAVATZ, A.; RICHERT, P. Development and validation of chiral high-performance liquid chromatographic methods for the quantitation of valsartan and of the tosylate of valinebenzyl ester. **Journal Chromatography B**, v. 686, p. 77-80, 1996.

GAY, D.; SERGIPENSE, S.; ROCHA, C. F. D. Ocorrência e distribuição de *Cetengraulis edentulus* (Cuvier) (Teleostei, Engraulidae) na Laguna de Itaipu, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 17, n. 2, p. 463 - 472, 2000.

GALTSOFF, P.S. The American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). **Fish and Wildlife Service Bulletin**, v. 64, 1964. 480p.

GONÇALVES, R. S. L.; FREIREB, G. S. S.; NETO, V. A. N. Determinação das concentrações de cádmio, cobre, cromo e zinco, na ostra *Crassostrea rhizophorae* dos estuários dos rios Cocó e Ceará. **Revista de Geologia**, v. 20, n. 1, p. 57-63, 2007.

GONZÁLEZ, A. G.; HERRADOR, M. A.; ASUERO, A. G. Intra-laboratory testing of method accuracy from recovery assays. **Talanta**, v. 48, p. 729-736, 1999.

GRAY, J. S., ELLIOT, M. **Ecology of marine sediments: from science to management**. 2nd ed. Oxford University Press, New York, 2009.

HATJE, V.; BÍCEGO, M. C.; CARVALHO, G. C.; ANDRADE, J. B. **Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos / Contaminação Química**. Salvador: EDUFBA, 2009. 306 p.

HELM, M. M., BOURNE, N. Hatchery culture of bivalves: a practical manual. FAO Fisheries technical paper 471. **Food and Agriculture Organization**, Rome, 201 p. 2004.

HERRMAN, J.L.; YOUNES, M. Background to the ADI/TDI/PTWI. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, 30, S109–S113 (1999).

HORTA, M. A. P.; FERREIRA, A. P.; LUZARDO, A. J. R.; BRIGNOL, V.; BRASIL, V. I.; FARO, A. R. M. C. *et al.*,. Risk Analysis of cadmium intake by fish consumers in a sub-tropical coastal Lagoon, Sepetiba Bay-Se, Brazil. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 24, n. 1, p. 46-53, 2011.

IRIS - Integrated Risk Information System, 1993. Disponível em: <http://www.epa.gov/iris/>. Acesso em dezembro/2014.

ISO. International Standards Organization. ISO 5725: accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. **Gêneve**, v. 6, p. 1-4, 1994.

JMELIOVA, N. N.; SANZ, J. Respiración y algunas particularidades de La alimentación del ostión *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828). **Serie Oceanológica**, La Havana, n. 3, 1969. 20p.

KINNE, O. **Diseases of marine animals**. Biologische Anstalt Helgoland. Hamburg, v. 2, 1983.

LANPHEAR, B. P.; DIETRICH, K.; AUINGER P.; COX, C. Cognitive deficits associated with blood lead concentrations <10 microg/dL in US children and adolescents. **Public Health Reports**, v. 115, n. 6, p. 521–529, 2000.

LEES, D. Viruses and bivalve shellfish. **International Journal of Food Microbiology**, v. 59, p. 81-116, 2000.

LENZ, T. M. **Biologia reprodutiva da ostra-do-mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) (Bivalvia: Ostreidae) como subsídio à implantação de ostreicultura na Baía de Camamu (BA)**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais. Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus – Bahia. 2008. 54p.

LIANG, L.N., HE, B., JIANG, G.B., CHEN, D.Y., YAO, Z.W. Evaluation of mollusk as biomonitors to investigate heavy metal contamination along the Chinese Bohai Sea. **Science of Total Environment**, v. 324, p. 105-113. 2004.

LINS, J. A. P. N.; KIRSCHNIK, P. G., QUEIROZ, V. S.; CIRIO, S. M. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 4, p. 469-484, 2010.

LUOMA, N. S.; RAINBOW, P. S. Metal contamination in aquatic environments. **Science and Lateral Management**. New York, Cambridge University Press. 2008, 572p.

LUTZ, I. A. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** – 4ª edição, 1ª edição digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1020p.

MAMEDE, T. C. A. **Biomonitoramento por *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1928) e percepção de risco socioambiental na Baía de Todos os Santos, Bahia**. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio ambiente, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências. Salvador – BA. 2012, 119p.

MARTINS-JURAS, I. A. G.; JURAS, A. A.; MENEZES, N. A. Relação preliminar dos peixes da ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 105-113, 1987.

MARTIN, J. W. e DAVIS, G. E. An update classification of the recent Crustacea. **Natural History of Los Angeles County Science Series**. 2001, 124p.

MATTHYS, C.; DE HENAUW, S.; BELLEMANS, M.; DE MAEYER, M.; DE BACKER, G. Sources of saturated fatty acids in Belgian adolescents' diet: implications for the development of food-based dietary guidelines. **British Journal of Nutrition**, v. 95, n. 3, p. 546-54, 2006. doi: 10.1079/BJN20051600.

MATTOX, N. T. Studies on the biology of the edible oyster, *Ostrea rhizophorae* Guilding, in Puerto Rico. **Ecological Monographs**, v. 19, n. 4, p. 339-356, 1949.

MENESES, T. S. **Fauna, pesca e contaminação por metais pesados em pescado de tubarões no litoral de Sergipe**. Dissertação (Mestrado) Universidade Tiradentes, Aracaju, 2008, 115 p.

MORALES, D.F.U.; OETTERER, M. **Concentrado protéico de pescado**. Piracicaba: Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial / ESALQ-USP, 1983. 21p.

MORGANO, M. A.; GOMES, P. C.; MANTOVANI, D. M. B.; PERRONE, A. A. M.; SANTOS, T. F. Níveis de mercúrio total em peixes de água doce de pisciculturas paulistas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 250-53, 2005.

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

MOUCHEREK FILHO, V. E.; VAZ, M. S. O.; MARANHÃO, S. C. Avaliação organoléptica e análise bromatológica, para fins nutricionais, do camarão, caranguejo e sururu (*in natura*) consumidos na ilha de São Luís-MA. **Cadernos de Pesquisa**, São Luís, v. 14, n. 1, p. 24-34, 2003.

MOZAFFARIAN, D.; RIMM, E. B. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. **JAMA**, v. 296, n. 15, p.1885-1899, 2006.

MOZAFFARIAN, D.; Wu JH. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: effects on risk factors, molecular pathways, and clinical events. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 58, n. 20, p. 2047-67, 2011.

NARDOCCI, A. C. **Ambiente e saúde humana**. In: Terezinha de Jesus Andreoli Pinto. (Org.). A gestão ambiental no ensino e pesquisa de ciências farmacêuticas. São Paulo: Guanabara Koogan, 2009.

NASCIMENTO, I. A. Cultivo de ostras no Brasil: Problemas e perspectivas. **Ciência e Cultura**, v. 35, n. 7, p. 871-876, 1983.

NASCIMENTO, S. C.; HYPOLITO, R.; RIBEIRO, A. A. Disponibilidade de metais pesados em aterro de indústria siderúrgica. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**, v.11, n. 3, p. 196-202, 2006.

NEWKIRK, G. F.; FIELD, B. A. **Oyster culture in the Caribbean**. Halifax: International Development Research Center, 1990. 244 p.

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

NRC. National Research Council. **Risk assessment in the federal government: managing the process**. Washington (DC): National Academy Press; 1983.

NUNES, A. J. P. **Alimentação para camarões marinhos parte I**. Aquicultura Agribrands do Brasil Ltda. Disponível em <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/Revistas/62/MANUAL62.asp>. Acesso em 18/02/2015.

OLGA, S., CAMARGO, M. M. A., BATISTUZZO, J. A. O. **Fundamentos de Toxicologia**. 3ª edição. 2008. Editora: Atheneu. 696p.

OLIVEIRA, C.; FEITOSA, P. **Efeito de cobre e chumbo, metais pesados presentes na água de formação derivada da extração do petróleo da província petrolífera do Urucu – Am, sobre o tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus-AM, 2003, 70p.

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, 107p.

OLIVEIRA, M. C. R. M., **Moluscos Bivalves em Portugal: Composição Química e Metais Contaminantes**. Dissertação (mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa, 2012, 85p.

OLIVEIRA, A.; PINTO, T. K.; SANTOS, D. P. D.; D'INCAO, F. Dieta natural do siri-azul *Callinectes sapidus* (Decapoda, Portunidae) na região estuarina da Lagoa dos Patos, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia Série Zoologia**, v. 96, n. 3, p.305-313, 2006.

OLMEDO, P.; PLA, A.; HERNÁNDEZ, A. F.; BARBIER, F.; AYOUNI, L.; GIL, F. 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.

ONOFRE, C. R. E.; CELINO, J. J.; NANO, R. M. W.; QUEIROZ, A. F. S. Biodisponibilidade de metais traços nos sedimentos de manguezais da porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 2, p.65-82, 2007.

PEREIRA, M. A. G. **Caracterização da hidrodinâmica do canal de Cotegipe e Baía de Aratu** (Baía de Todos os Santos, BA). 46p. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Universidade Federal da Bahia, 2008.

PINTO, T. R.; BOEHS, G. *Nematopsis* sp. (Apicomplexa: Eugregarinida) em *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Mytilidae) da Região Estuarina do Rio Cachoeira, Ilhéus, Bahia, Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 45, n. 2, p. 95-100, 2008.

PINTO, F. G.; REY, U.V.; ANSALONI, L.M.S.; ANDRADA, D.; SILVA, J. B. B. Determinação de cádmio em amostras de urina e soro humano por espectrometria de absorção atômica em forno de grafite usando irídio como modificador permanente, **Eclética Química**, v. 30, n.4, p 59-65, 2005.

RAINBOW, P. S.; PHILLIPIS, D. J. H. Cosmopolitan biomonitores of trace metals. **Marine Pollution Bulletin**, v. 26, p. 593-601, 1993.

RAINBOW, P. S.; WHITE, S. L. Comparative strategies of heavy metal accumulation by crustaceans: zinc, copper and cadmium in a decapod, an amphipod and a barnacle. **Hydrobiologia**, v.174, p. 245-262, 1989.

RASHED, M. N. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. **Environment International**, v. 27, n. 1, p. 27-33, 2001.

RIBEIRO, F. A. L.; FERREIRA, M. M. C.; MORANO, S. C.; SILVA, L. R.; SCHNEIDER, R. P. Planilha de validação: uma nova ferramenta para estimar figuras de mérito na validação de métodos analíticos univariados. **Química Nova**, v. 31, n. 1, p. 164-171, 2008.

RIOS, E. C. **Seashells of Brazil**. Rio Grande, RS, Ed. Fundação Universidade Rio Grande, 1994. 368p.

ROCHA, A. F. **Cádmio, 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.

ROCHA, S. S. Diferença entre dois métodos de coleta utilizados na captura de crustáceos decápodes em um rio da Estação Ecológica Juréia-Itatins, São Paulo. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 100, n. 2, p. 116-122, 2010.

RODRICKS, J. V. **Calculated risks**. Cambridge: Cambridge University Press; 1992.

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, 124p.

SANTOS, F. L. O.; GATTI, R. M.; SOUZA, P. R. K. Presença de mercúrio em peixes e sua correlação com a intoxicação alimentar. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, ano III, n. 9, 2006.

SANTOS, J. L.; SEVERINO-RODRIGUES, E.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Estrutura populacional do camarão-branco (*Litopenaeus schmitti*) nas regiões estuarina e marinha da baixada santista, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 3, p. 375 - 389, 2008.

SANTOS, L. F. P. **Avaliação dos teores de cádmio e chumbo em pescado proveniente de São Francisco do Conde, Bahia**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Nutrição, Salvador-BA, 2011, 75p.

SARTORI, A. G. O.; AMANCIO R. D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 83-93, 2012.

SEREJO, C.; YOUNG, P. S.; CARDOSO, I. A.; TAVARES, C. R.; ABREU JR., C. R. **Capítulo 8. Filo Arthropoda. Subfilo Crustácea**. In: LAVRADO, H.P. & IGNACI, B.L. (Eds.). Biodiversidade bentônica da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional, p. 299-337 (Série Livros n. 18). Disponível em: <http://decapoda.nhm.org/pdfs/30091/30091-001.pdf>. Acesso em dezembro de 2014.

SEVERI, W.; SANTANA F.M.S.; SILVA, A.C.G. **A distribuição anual da sardinha *Lile piquitinga* (Schreiner & Miranda-ribeiro, 1903) na zona de arrebenção de uma praia do litoral norte pernambucano**. VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu – MG.

SILVA, B. C. E. **CHUMBO**. Balanço Mineral Brasileiro. 2001, 19p. Disponível em www.dnpm.gov.br/assets/.../balancomineral2001/chumbo.pdf. Acesso em dezembro de 2013.

SILVA, B. T. **Análise do hábito alimentar de duas espécies de crustáceos decápodos e sua relação com dermatites de contato em pesquisadores do litoral norte do estado de São Paulo.** Dissertação (mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2007, 31p.

SILVA, H. A., BATISTA, I. (Eds.). **Produção, salubridade e comercialização dos moluscos bivalves em Portugal**, Publicações avulsas do IPIMAR 20, 2008, 171 p.

SILVA, G. S.; BRITO, V. B.; NASCIMENTO, A. E.; CAMPOS-TAKAKI, G. M. Águas estuarinas e sustentabilidade social local: um estudo da pesca artesanal do camarão-branco (*Litopenaeus schmitti* Cope, de capoda, penaeidae) no estuário do Rio Formoso, Pernambuco, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 1, n. 1, p. 40 – 47, 2006.

SILVA, P. P. G. **Contaminação por metais (Cd, Cu, Pb, Cr, Mn e Hg) e avaliação do impacto genotóxico em *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ucididae), em dois manguezais do Estado de São Paulo.** Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental do Litoral Paulista, São Vicente, 2011, 62 p.

SIOEN, I.; BILAU, M.; VERDONCK, F.; VERBEKE, W.; WILLEMS, J. L.; DE HENAUW, S. et al.,. Probabilistic intake assessment of polybrominated diphenyl ethers and omega-3 fatty acids through fish consumption. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 52, n. 2, p. 250-57, 2008.

SOUZA, M. M.; WINDMÖLLER, C.C.; HATJE, V. Shellfish from Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil: treat or threat? **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, p. 2254–2263, 2011.

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, p. 2782–2788, 2008.

TAVARES, A. D. **Determinação de Cádmi e Chumbo em Alimentos e Bebidas Industrializados por Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização Eletrotérmica.** Tese (doutorado) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB. 2010, 98p.

TEIXEIRA, M. F.; TORRES, S. F.; CAPITOLI, R. R. Principais moluscos e crustáceos decapodos da praia do Cassino, RS. **Cadernos de Ecologia Aquática**, v. 3, n. 2, p. 1-18, 2008.

THORP, J. H., COVICH, A. P. **Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates.** Academic Press, Inc., California, 927 p. 1991.

TORRES, D. P. **Desenvolvimento de métodos simples e rápidos para determinação de mercúrio total e inorgânico em amostras biológicas por**

espectrometria de absorção atômica com vapor frio. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-RS. 2009, 63p.

USEPA. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidelines for carcinogen risk assessment. **Federal Register**, v. 51, p. 33991-34003, 1986.

VAZ-PIRES, P. **Tecnologia do pescado.** Universidade do Porto – Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar. Porto, 2006, 212p.

VASCONCELOS FILHO, A. L.; CUNHA, M.G.G.S.; CAVALCANTI, E.F. Primeiras Informações sobre a alimentação de *Gobionellus Oceanicus* (PALLA, 1770), (PISCES-GOBIIIDAE), na Ilha de Itamaracá – PE. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 22, p.157-180, 1993.

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.

WAKAMATSU, T. **A ostra de Cananéia e o seu cultivo.** SUDELPA, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 1973.141p.

WALLNER-KERSANACH, M.; THEEDE, H.; EVERSBERG, U.; LOBO, S. Arch. *Environmental Contamination and Toxicology*, v. 38, 2000, 40p.

WALLNER-KERSANACH, M. **Assessment of trace metal pollution of Todos os Santos Bay, Brazil, on the basis of measurements of bivalves and sediments.** Tese de doutorado em Universitat Bremen, Bremen, Alemanha, 1994.

WALSH, M. C. Moving from official to traceable methods. **Trends in Analytical Chemistry**, v.18, p.616-623, 1999.

WARD, J. E. Biodynamics of suspension-feeding in adult bivalve molluscs: particle capture, processing and fate. **Invertebrate Biology**, v. 115, n. 3, p. 218-231, 1996.

WELZ, B.; SPERLING, M. **Atomic Absorption Spectrometry**, 3ª ed., VCH, Weinheim, 1999.

WESLEY, R. J.; POCKLINGTON, D.; WALKER, R. F. Analytical quality assurance: a review. **Analyst**, v. 116, p. 975-990, 1991.

WHO. World Health Organization. International Programme on Chemical Safety (IPCS). Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals. Genebra. **Environmental Health Criteria**, 210p. 1999.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. **Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation**, Geneva: WHO, 2003.

CAPÍTULO 2: CÁDMIO, CHUMBO E MERCÚRIO EM FRUTOS DO MAR ORIUNDOS DA BAÍA DE ARATU, BAHIA, BRASIL: O SEU CONSUMO REPRESENTA UM RISCO ALIMENTAR?

Cecilia Freitas da Silva Araújo^{*a}, Thiago Santos Porcino^a, Amanda Santos Vaz Ribeiro^a, Juliana Lima Gomes Rodrigues, Railane Silva Freitas, Sérgio Soares do Prado Oliveira, Mariângela Vieira Lopes^b, Mirian Rocha Vasquez^b, José Antônio Menezes Filho^a.

*Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Farmácia, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos. Av. Barão de Jeremoabo, s/n, Ondina, 40170-115. Salvador, Bahia, Brasil.

^aUniversidade Federal da Bahia, Faculdade de Farmácia, Laboratório de Toxicologia. Av. Barão de Jeremoabo, s/n, Ondina, 40170-115. Salvador, Bahia, Brasil.

^bUniversidade do Estado da Bahia, Laboratório de Química Analítica, Rua Silveira Martins, 2555. Cabula, 41150-000, Salvador, Bahia, Brasil.

Resumo

A Baía de Todos os Santos (BTS) é uma grande baía navegável do litoral brasileiro, sendo a segunda maior baía do Brasil. A Baía de Aratu está localizada no nordeste da BTS e possui em seu entorno mais de 200 indústrias, um complexo industrial, uma importante área militar, e um porto para escoamento da produção da área industrial. Existem diversos relatos de que a Baía de Aratu tem sido contaminada por esses efluentes industriais em função dos níveis elevados de poluentes como metais pesados nas águas, sedimento e biota. As águas da Baía de Aratu alcançam diversas comunidades, dentre elas a comunidade de Santa Luzia, que faz parte do distrito de Simões Filho, Bahia, Brasil; tem os seus manguezais banhados pelas enseadas da Baía de Aratu, de onde as marisqueiras coletam mariscos para consumo e comercialização. Os objetivos deste estudo foram avaliar os níveis de metais pesados, Cádmio (Cd), Chumbo (Pb) e Mercúrio (Hg), presentes no pescado (crustáceos, peixes e moluscos) captados em Santa Luzia, e estimar os riscos à saúde humana proveniente do consumo desse alimento através do quociente de risco (QR) individual e coletivo. Os níveis dos metais no pescado foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica com forno de grafite e gerador de vapor frio em 36 amostras coletadas bimensalmente entre novembro/2013 e setembro/2014, após liofilização e digestão ácida em sistema aberto. Os níveis médios anuais de Cd observados em pescados foram: crustáceos ($0,007 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,001$), peixes ($0,001 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,0003$) e moluscos ($0,446 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,034$). Já os valores médios de Pb foram: peixes ($0,044 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,003$), moluscos ($0,111 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,009$) e crustáceos ($<0,042 \mu\text{g.g}^{-1}$) limite de detecção do método. No que se refere ao Hg, todos os resultados estavam abaixo do limite de detecção do método ($<0,145 \mu\text{g.g}^{-1}$). Porém todos os valores encontrados apresentaram-se dentro dos limites permitidos por lei para o consumo humano. O questionário de frequência alimentar, aplicado em 55 indivíduos da população em estudo, entre adolescentes e adultos, revelou um elevado consumo de pescado por estes voluntários. O $\text{QR} < 1$ calculado coletivamente indica um risco médio negligenciável para a população. Portanto, o QR obtido individualmente apresenta um risco negligenciável para 90,90% e um QR entre ≥ 1 a $< 9,9$, classificado como baixo risco para 9,10% da população.

Palavras-chave: metais pesados, contaminação ambiental, pescado, avaliação de riscos.

ABSTRACT

The Todos os Santos Bay (BTS) is a large inland bay on the Brazilian coast, the second largest bay in Brazil. The Aratu Bay is located in the northeast of BTS and has around it more than 200 industries, an industrial complex, an important military area, and a port for transportation of production of the industrial area. There are several reports that the Aratu Bay has been contaminated by these industrial effluents on the basis of high levels of pollutants such as heavy metals in water, sediment and biota. The Aratu Bay waters reach much of communities, among them the community of Santa Luzia, which is part of Simões Filho district, Bahia, Brazil; has its mangrove swamps by coves of the Bay of Aratu, where the seafood collect shellfish for consumption and marketing. The objectives of this study were to evaluate the levels of heavy metals, cadmium (Cd), lead (Pb) and Mercury (Hg), present in seafood (crustaceans, fish and shellfish) raised in Santa Luzia, and estimate the risks to human health from consumption of this seafood through the risk quotient (RQ) individual and collective. The levels of metals in fish were determined by atomic absorption spectrophotometry with graphite furnace and cold vapor generator in 36 samples collected every two months between November/2013 and September/2014, after freeze-drying and acid digestion in an open system. The annual average levels of Cd observed in fish were crustaceans ($0.007 \pm 0.001 \mu\text{g.g}^{-1}$), fish ($0.001 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0.0003$) and molluscs ($0.446 \pm 0.034 \mu\text{g.g}^{-1}$). Already the average values of Pb were: fish ($0.044 \pm 0.003 \mu\text{g.g}^{-1}$), molluscs ($0.111 \pm 0.009 \mu\text{g.g}^{-1}$) and crustaceans ($<0.042 \mu\text{g.g}^{-1}$) method detection limit. With respect to Hg, all results were below the method detection limit ($<0.145 \mu\text{g.g}^{-1}$). But the values obtained were within the limits allowed by law for human consumption. The food frequency questionnaire applied in 55 subjects of the study population, among adolescents and adults, revealed a high seafood consumption by these volunteers. The QR <1 indicates a negligible collectively calculated average risk for the population. Therefore, the QR obtained individually presents a negligible risk to 90.90% and a QR between ≥ 1 to <9.9 , classified as low risk for 9.10% of the population.

Keywords: heavy metals, environmental contamination, fish, risk assessment.

1. Introdução

A Baía de Todos os Santos (BTS) é uma grande baía navegável do litoral brasileiro, situada entre a latitude de 12°50' S e a longitude de 38°38' W; com uma área de 1.233 km², sendo a segunda maior baía do Brasil. É caracterizada pela presença de pequenas baías (Iguape, de Aratu e de Itapagipe), enseadas e mais de 30 ilhas, apresentando 221 km de linha de costa (FERREIRA, 2011; HATJE et al., 2009).

A maior baía interna à BTS, a Baía de Aratu, localizada a aproximadamente 20 quilômetros ao norte de Salvador, capital da Bahia, Brasil e situada a nordeste da BTS, entre as coordenadas 12°45'00" e 12°49'02"S e 38°25'46" e 38°30'29"W, com uma área aproximada de 12,15 Km² (BAHIA, 1980). Possui em seu entorno um clube náutico, indústrias químicas e um complexo portuário, permitindo a passagem de navios de grande calado, servindo inclusive ao Centro Industrial de Aratu (CIA) e ao Pólo Petroquímico de Camaçari. Dentre as empresas localizadas às margens da baía de Aratu, destaca-se a Dow Química S.A. e a Siderúrgica Sibra, que utiliza o canal do Cotegipe para o escoamento de produtos e insumos, bem como para o descarte dos efluentes líquidos (BRITO, 1997). As águas da Baía de Aratu alcançam diversas comunidades, dentre elas a de Santa Luzia.

A comunidade Santa Luzia faz parte do distrito de Simões Filho, na Bahia, Brasil e está localizada próxima a uma eletrosiderúrgica que lança sobre a comunidade grande quantidade de material particulado, contendo óxidos de ferro e manganês, contaminando o solo, a água, os produtos cultivados e o pescado dos manguezais locais (MENEZES-FILHO et al., 2009). Essa comunidade tem, dentre outras atividades econômicas, a pesca e a coleta de mariscos como fonte de renda e de alimentação. Essas atividades são desenvolvidas nos manguezais da região, banhados pelas enseadas da Baía de Aratu, que tem diversas atividades industriais e portuárias, cujos estudos anteriores relatam que o sedimento, a água e a biota têm níveis elevados de poluentes, como metais pesados e compostos orgânicos persistentes (ANTUNES, 2006; BONFIM, 2005; CELINO; QUEIROZ, 2006; COSTA et al., 2008; GARCIA et al., 2008; HATJE et al., 2009).

Nas últimas décadas, numerosos estudos sobre contaminação por metais pesados em ambientes aquáticos têm proporcionado cada vez mais evidências

sobre os efeitos adversos sobre a biota aquática e a saúde humana. As áreas costeiras geralmente atuam como área de despejo para os poluentes, e em estuários este problema é ampliado decorrente da concentração de população humana, das atividades industriais e da dragagem nos portos (HORTA et al., 2011; OLMEDO et al., 2013; STORELLI, 2008; VIANA et al., 2005).

Alguns metais pesados são naturalmente necessários em pequenas quantidades a peixes como constituintes de enzimas, sendo essenciais para o desenvolvimento saudável. Por outro lado, podem também ser tóxicos para peixes e outros organismos. Além disso, os metais podem ser bioacumulados através da cadeia alimentar e atingir os humanos, produzindo assim, riscos à saúde (VIANA et al., 2005). Conseqüentemente, os potenciais riscos para a saúde resultantes da exposição alimentar a estes poluentes continuam a ser objeto de investigação obrigatória, regulação e debate (STORELLI, 2008).

A exposição alimentar a metais pesados tem atraído grande interesse devido aos riscos para a saúde associados com a ingestão de resíduos de metais pesados como cádmio (Cd), chumbo (Pb) e mercúrio (Hg). A Agência de Proteção Ambiental dos EUA estabelece a medida Quociente de Risco (QR) associada à ingestão de toxinas, e para vários metais pesados utilizando concentrações baseadas em risco. Esta preocupação compreende uma estimativa da avaliação de risco da vida com base na dose de referência oral como limite máximo de segurança para a substância perigosa e a ingestão regular ao longo da vida (PETROCZI; NAUGHTON, 2009; LIU et al., 2010).

O conhecimento dos níveis de metais em alimentos é uma questão relevante por diversas razões. A presença de metais em determinados níveis nos alimentos tem um importante papel na nutrição humana, seja pela essencialidade ou pela toxicidade destes. Sendo assim, a obtenção de dados precisos sobre a composição elementar dos alimentos se faz necessária para se estabelecer uma adequada ingestão de nutrientes essenciais, bem como para uma adequada avaliação dos níveis de exposição aos elementos tóxicos por ingestão (BRANDÃO, 2010).

Os objetivos desse trabalho foram determinar os níveis de metais pesados (Cd, Pb e Hg) presentes no pescado captado na região estuarina da comunidade de Santa Luzia, Bahia, Brasil e estimar os riscos à saúde humana proveniente da ingestão desse alimento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A comunidade de Santa Luzia, (Figura 1), localiza-se dentro da região estuarina da Baía de Aratu, no município de Simões Filho, numa área delimitada entre Cotegipe e Mapele. Situa-se a margem esquerda da BR-324, no sentido Salvador – Feira de Santana. Está localizada a aproximadamente 3 km da eletrosiderúrgica Vale Manganês S.A. e foi escolhida como área de amostragem em função de outras pesquisas que vem sendo realizadas na região e na comunidade sobre contaminações ambientais.

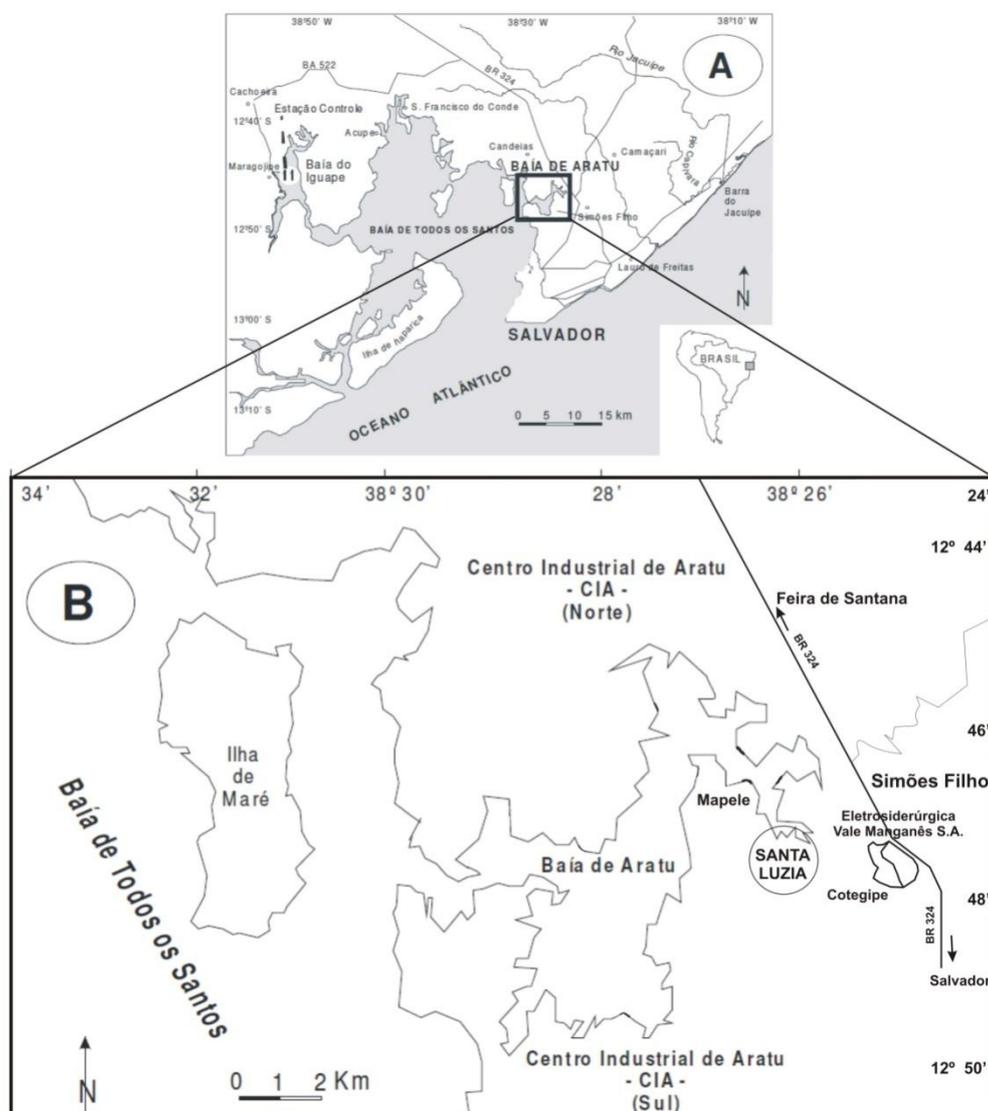


Figura 1 – Localização geográfica da área de estudo.

Fonte: Adaptado de Queiroz, Celino (2008b).

2.2. Aquisição das amostras

As amostras de pescado foram adquiridas em Santa Luzia diretamente de uma produtora artesanal, localmente conhecida como marisqueira. Foram inclusas duas espécies de moluscos, Sururu (*Mytella falcata*) e Ostra (*Crassostrea rhizophorae*), duas espécies de crustáceos, Camarão-branco (*Litopenaeus schmitti*) e Siri azul (*Callinectes exasperatus*), duas espécies de peixes, Pititinga (*Centenraulis edentulus*) e Miroró (*Gobionellus oceanicus*). Estas amostras foram selecionadas para análise em função do destacado consumo na comunidade e pela sua importância econômica.

Todos os pescados foram adquiridos aproximadamente 1 kg na forma apresentada para a comercialização nos mercados locais e como são vendidos aos consumidores. Ou seja, os moluscos sem as conchas após fervura e os crustáceos sem as carapaças, os peixes *in natura*. As amostras de pescados foram transportados para o laboratório em caixas térmicas congelados e armazenados no Laboratório de Análise Química da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) para serem preparados para a análise. Essas coletas foram realizadas a cada dois meses, com início em novembro de 2013 e término em setembro de 2014. Trinta e seis amostras foram adquiridas para análise em triplicata.

2.3. Preparação da amostra

Toda a vidraria utilizada foi previamente lavada em detergente neutro, desmineralizada em HNO₃ a 20% v/v e enxaguada em água Tipo I, para remover quaisquer contaminantes inorgânicos.

O pescado foi liofilizado (Liofilizador L101 Liotop - São Paulo, Brasil) para desidratação, obtenção de amostra seca e posterior determinação da massa úmida. O material seco resultante foi moído num almofariz e obtido um pó homogêneo. As amostras foram colocadas em sacos de polietileno estéreis, armazenadas em dessecadores contendo sílica gel e posteriormente acondicionados em freezer até a mineralização das amostras.

2.4. Reagentes e soluções

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico e espectrométrico. Para as diluições usou-se água de alta pureza (Tipo I), com resistividade de 18,2

MΩcm, obtida em sistema Milii-Q (Milliopore®). Na mineralização das amostras de Cd, Pb e Hg foi utilizado ácido nítrico concentrado Suprapur J.T. Baker® e Peróxido de Hidrogênio Merck®. Para as análises dos metais foram utilizadas soluções padrão para Absorção Atômica (AccuStandard®) 1000 mg/L em 0,2% ácido nítrico concentrado (m/v) Suprapur J.T. Baker®. Para análise do mercúrio foram preparadas soluções de trabalho, Ácido nítrico a 35% (v/v), Ácido sulfúrico a 50% (v/v), Permanganato de potássio, Persulfato de potássio a 2,5% (m/v), Butanol, Hidroxilamina clorídrica a 5% (m/v) em Cloreto de sódio a 3% (m/v).

2.5. Controle de qualidade para análise dos metais

Para garantir a qualidade da análise de metais foram usados materiais de referência certificados, como o Tecido de Ostra (NIST 1566b) – NIST, USA para análise de Cd e Pb, e para análise de Hg, Cabelo humano IAEA-085 produzido pela Agência Internacional de Energia Atômica, Viena, Austria.

A precisão do método foi avaliada pelo coeficiente de variação de 6 repetições analíticas realizadas num espaço de 2 semanas pelo mesmo analista. A leitura do branco do reagente foi realizada ao longo de 6 baterias de análises, em duplicata, para calcular o limite de quantificação (LQ) e o limite de detecção (LD) do método. Os limites foram calculados considerando a concentração média do branco mais 10 vezes o desvio padrão (DP) para o LQ, a concentração média do branco mais 3 vezes o DP para o LD, conforme IUPAC (1997).

Para a avaliação da exatidão do método, os materiais de referência certificados foram analisados seguindo o mesmo procedimento descrito para a preparação das amostras. Também foram realizados ensaios de recuperação para a avaliação da exatidão da metodologia analítica. Foi realizado um teste de recuperação em três níveis de concentração para cada contaminante inorgânico de acordo com a recomendação do MAPA, Instrução Normativa n. 24/2009, utilizando-se o LMR (Limite Máximo de Resíduo). A partir do LMR dos contaminantes estudados na legislação brasileira para pescados (1,0 mg.kg⁻¹ para Cd; 2,0 mg.kg⁻¹ para Pb e 0,5 mg.kg⁻¹ para Hg), as amostras foram fortificadas em três níveis de concentrações, levando-se em consideração o fator de diluição de 25 para as amostras analisadas e os níveis definidos foram: baixa (0,5 . LMR), media (1 . LMR) e alta (1,5 . LMR).

2.6. Digestão das amostras

A abertura das amostras foram semelhantes aos descritos por Guntinãs et al., (2009), Noel et al., (2009) e Souza (2004). A digestão foi realizada em triplicata, após pesagem, em balança analítica (Sartorius CP 2245 - São Paulo, Brasil), de 200 mg de cada amostra desidratada, com registro da massa com quatro casas decimais, diretamente em béqueres de 50 mL. Na capela de exaustão, foram acrescidos 5 mL de HNO₃ concentrado e em seguida cobertos com vidro de relógio e levados à chapa de aquecimento (Nova ética, modelo 208D) a 100°C, refluxando por cerca de 4 horas. Após resfriar a temperatura ambiente, 2 mL de H₂O₂ foram adicionados, finalizando a abertura quando apresentavam aspecto claro e sem evolução do gás castanho (dióxido de nitrogênio). Controles em branco de reagente e materiais de referência certificados foram realizados para cada bateria.

Após mineralização, as amostras foram transferidas para tubos de centrifuga de polipropileno graduados de 15 mL (marca Corning CentriStar™) e avolumadas para 10 mL com água Tipo I.

2.7. Determinação dos Metais (Cd, Pb e Hg)

Para realização das análises de metais Cd e Pb foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica com forno de grafite (AAS - Varian Spectra AA 240FGZ, Mulgrave Victoria, AU). Para Hg, com geração de vapor frio (AAS - Varian Spectra AA 55B, Mulgrave Victoria, AU). Os resultados foram obtidos em microgramas de metal por grama de peso seco, e em seguida calculado a concentração em peso úmido após a correção pelo valor da umidade de cada grupo de pescado.

2.7.1 Determinação de Cd e Pb

A metodologia utilizada para análise de cádmio e chumbo foi a espectrometria de absorção atômica em forno de grafite, como descrita por Guntinãs et al., (2009) e Noel et al., (2009). Após digestão das amostras, uma alíquota foi transferida para cubetas e analisadas no espectrômetro.

A curva de calibração do Cd foi preparada por meio de diluição na amostra da solução padrão estoque de cádmio 1000 mg.L⁻¹ em HNO₃ 0,2%, nas

concentrações 0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$. A solução de dihidrogenofosfato de amônio a 0,5% foi utilizado como modificador de matriz.

A curva de calibração do Pb foi preparada após diluição da amostra da solução intermediária de chumbo à 10 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, obtida da mistura de solução padrão estoque de Pb 1000 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ e HNO_3 0,2%, nas concentrações 0; 2,0; 4,0; 10; 16; 20 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

2.7.2 Determinação de Hg

Esta determinação foi baseada na metodologia descrita por Souza (2004). Após digestão das amostras, uma alíquota de 2 mL da amostra foi transferida para tubos de vidro de fundo cônico graduados e de tampa esmerilhada, aos quais se adicionou 100 μL de HNO_3 35% (v/v) e 200 μL de H_2SO_4 50% (v/v). Para a oxidação de todo o mercúrio presente na amostra para a forma Hg^{2+} , foram acrescentados 1,5 mL de KMnO_4 5% (m/v), em três etapas de 500 μL com intervalos de 15 minutos, 400 μL de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, e os tubos foram levados ao banho-maria Quimis® por 30 minutos a 80°C.

Após resfriar, adicionou-se 500 μL de butanol (Vetec Química Fina LTDA) a cada tubo, a fim de evitar espuma, e 500 μL de $\text{NH}_2\text{OH.HCl}$ 5% (m/v) em NaCl 3% (m/v) para consumir todo o excesso de KMnO_4 e homogeneizada por agitação em vórtex. As amostras foram então avolumadas com água Tipo I para 10 mL e levadas para análise por EAA com geração de vapor a frio no espectrômetro de absorção atômica Varian 55B com acessório de geração de vapor VGA77.

A curva de calibração, composta por seis pontos, foi preparada através da diluição da solução intermediária de mercúrio (1000 $\mu\text{g.L}^{-1}$), por meio de sucessivas diluições da solução padrão estoque de Hg 1000 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ (AccuStandard®) em HNO_3 0,2% (m/v), nas concentrações 0; 2,5; 5,0; 10; 20; 40 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

2.8. Análise de risco

A análise de risco desse estudo visa considerar os possíveis efeitos adversos à saúde associados à exposição aos metais, Cd, Pb e Hg por meio da exposição pela via oral. Os valores de toxicidade usados foram extraídos e adaptados a partir das principais instituições de referência (ATSDR, 2013; USEPA, 2013).

Um levantamento da frequência e quantitativo do consumo de pescado foi realizado na comunidade de Santa Luzia, por meio de questionário de frequência alimentar. Foram entrevistados 55 indivíduos desta comunidade, adultos e adolescentes, residentes há no mínimo dois anos na comunidade, que relataram a frequência do consumo diário, semanal, mensal ou anual de peixes, crustáceos ou moluscos. Para realização dos trabalhos, foi encaminhado antecipadamente projeto para o comitê de ética, cujo parecer positivo ocorreu mediante resolução nº 054/2011. Os entrevistados participaram da pesquisa mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (Anexos).

Foi aplicado também um questionário semi-estruturado com informações sócio-econômicas, e medições antropométricas, como peso, altura e idade.

A ingestão dos metais analisados – Cd, Pb e Hg - (mg/dia) foi estimada com base nas concentrações destes metais encontrados no pescado. A ingestão diária de metais (mg/dia, mg/kg de peso corporal/dia) foi calculada dividindo-se a dose diária pelo peso corporal (kg).

2.8.1. Quociente de Risco (QR)

Para a avaliação da exposição foram considerados os teores de metais nos pescados (moluscos, crustáceos e peixes), bem como simulados dois cenários críticos, cenário 1 (C1) e cenário 2 (C2) (Tabela 1). O primeiro cenário considera como referência os dados relatados pela comunidade do estudo, e no segundo cenário os dados estimados pelo USEPA (2013) para uma população em geral. No C1, a duração da exposição (ED) foi relativa ao tempo de vida de cada indivíduo, a idade em anos dos entrevistados. No C2 o ED correspondeu à média de vida de uma população. No C1 a taxa de ingestão de alimentos (FIR) usada foi a relatada pela comunidade nos questionários aplicados e o peso corporal (W_{AB}) utilizado foi o peso aferido das pessoas quando da realização da entrevista. No C2 a FIR corresponde ao somatório da média de ingestão de pescado da população em geral, e o W_{AB} o peso médio de uma população em geral. Os demais parâmetros são iguais para os dois cenários. A via oral foi estabelecida como a principal via de exposição para população adolescente e adulta, que voluntariamente aceitasse participar da pesquisa e que morasse a mais de dois anos na comunidade. No desenvolvimento dos estudos foram avaliados os riscos não carcinogênicos para os dois cenários, sendo que no C1 foi realizado com as

informações relatadas individualmente, ou seja, os dados fornecidos pelos voluntários da pesquisa. Esses cenários não carcinogênicos foram representados pela equação do quociente de risco (QR), que representa uma estimativa de uma exposição oral diária para a população humana exposta a determinadas substâncias químicas. Tais informações são obtidas no banco de dados toxicológico (USEPA's) Integrated Risk Information System (USEPA, 2010), e derivadas de NOAEL (dose em que não se observa efeito adverso), e LOAEL (menor dose em que se observa um efeito adverso), tais valores disponíveis no sítio eletrônico (<http://www.epa.gov/iris>).

A metodologia para a estimativa do quociente de risco (QR), (COPAT et al., 2013; PETROCZI; NAUGHTON, 2009; STORELLI, 2008; WANG et al., 2013) embora não forneça uma estimativa quantitativa da probabilidade de uma experiência de saúde da população exposta, fornece uma indicação do nível de risco devido à exposição aos poluentes. Este quociente foi calculado pela Equação 1.

$$QR = \frac{Ef \times ED \times C \times FIR}{RfD \times W_{AB} \times TA} \times 10^{-3} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: Ef é a frequência de exposição (dias/ano); ED é a duração da exposição (anos); FIR é a taxa de ingestão de alimentos (g/pessoa/dia); C é a concentração de metais em frutos do mar ($\mu\text{g g}^{-1}$); RfD é a dose de referência oral (Cd = $1,0 \times 10^{-3} \mu\text{g g}^{-1}/\text{dia}$, Pb = $4,0 \times 10^{-3} \mu\text{g g}^{-1}/\text{Day}$ e Hg = $1,0 \times 10^{-4} \mu\text{g g}^{-1}/\text{dia}$) (USEPA, 2009); W_{AB} é o peso corporal (Kg), e T_A é o tempo de exposição de média para os não-cancerígenos (365 dias/ano x ED). Total QR (TQR) de metais pesados para pescado é a soma do QR de cada metal: TQR (pescado/indivíduo) = QR (tóxico 1) + QR (tóxico 2) + QR (tóxico n).

Tabela 1 - Cenários de exposição para avaliação do QR dos voluntários da comunidade de Santa Luzia.

Parâmetros	C1	C2
Ef	365 dias/ano	365 dias/ano
ED	Período exposto, idade (anos)	70 anos
C*	Cd = 0,454 $\mu\text{g g}^{-1}$ Pb = 0,155 $\mu\text{g g}^{-1}$ Hg = < LD	Cd = 0,454 $\mu\text{g g}^{-1}$ Pb = 0,155 $\mu\text{g g}^{-1}$ Hg = < LD
FIR	Consumo relatado (g/dia)	54 g/dia
RfD	Cd = $1,0 \times 10^{-3} \mu\text{g g}^{-1}/\text{dia}^{**}$ Pb = $4,0 \times 10^{-3} \mu\text{g g}^{-1}/\text{dia}^{***}$ Hg = $1,0 \times 10^{-4} \mu\text{g g}^{-1}/\text{dia}^{**}$	Cd = $1,0 \times 10^{-3} \mu\text{g g}^{-1}/\text{dia}^{**}$ Pb = $4,0 \times 10^{-3} \mu\text{g g}^{-1}/\text{dia}^{***}$ Hg = $1,0 \times 10^{-4} \mu\text{g g}^{-1}/\text{dia}^{**}$
W _{AB}	Peso aferido (kg)	70 kg
T _A	365 dias/ano x ED	365 dias/ano x ED

* C = Média anual encontrada no peixe, crustáceo e molusco.

**ATSDR Minimal Risk Levels (2013).

** IDA (Ingestão diária aceitável).

De posse dos resultados do QR dos metais analisados para cada cenário estabelecido, foi calculado o total do quociente de risco (TQR), que corresponde ao somatório dos QR dos metais, de acordo com a fórmula: TQR (Cn) = QR (metal 1) + QR (metal 2) + QR (metal n)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Controle de qualidade para a análise dos metais

A precisão do método foi avaliada pelo coeficiente de variação de 3 repetições analíticas, utilizando-se o mesmo procedimento de medição, análise e equipamento. A precisão do método demonstrou-se satisfatória com os resultados obtidos. Para todos os elementos o valor do coeficiente de variação ficou abaixo de 8%, de acordo com a Instrução Normativa nº 24/2009 do MAPA (BRASIL, 2009).

A avaliação da exatidão do método foi realizada por teste de recuperação e comparação com material de referência certificado. Os resultados obtidos para o ensaio de recuperação, em 3 níveis de fortificação dos contaminantes inorgânicos

(0,5; 1,0; 1,5 $\mu\text{g.g}^{-1}$ para Cd e Pb, e 0,002; 0,025; 0,050 $\mu\text{g.g}^{-1}$ para Hg) foram satisfatórios variando de 92% a 100. O uso de material de referência certificado mostrou resultados concordantes para todos os elementos (Tabela 2).

A sensibilidade analítica para a determinação do Cd foi considerada satisfatória, com valor de LD na ordem de 0,001 $\mu\text{g.g}^{-1}$ em peso seco. Esse valor é comparável com os dados reportados por Morgano et al., (2011) que encontrou 0,01 $\mu\text{g.g}^{-1}$ peso úmido e por Morgano et al., (2014) que relata o LD para Cd de 0,006 $\mu\text{g.g}^{-1}$ e por Psoma et al., (2014) com um LD de 0,030 $\mu\text{g.g}^{-1}$, para pescado. Esses resultados se traduzem em qualidade e segurança das análises. Em relação ao Pb, a sensibilidade analítica também pode ser considerada boa, pois os valores de LD foram de 0,042 $\mu\text{g.g}^{-1}$, assim como o encontrado por Morgano et al., (2014) de 0,018 $\mu\text{g.g}^{-1}$, e ao contrário dos resultados de Sanches Filho et al., (2013) e Psoma et al., (2014) que reportam LD de Pb de 1,50 $\mu\text{g.g}^{-1}$ e 0,38 $\mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente.

No entanto, para Análise de Hg, o LD foi de 0,145 $\mu\text{g.g}^{-1}$, valor maior do que o encontrado por Morgano et al., (2011) e Morgano et al., (2014), que foi de 0,002 e 0,0013 $\mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente, indicando que a sensibilidade analítica para determinação de Hg desses autores foi satisfatória. No presente estudo, o valor de LD alto pode ter limitado as análises, bem como interferido nos resultados esperados. A determinação dos contaminantes inorgânicos de Morgano et al., (2011) e Morgano et al., (2014) foi realizada por ICP OES, em peso úmido, que pode permitir análises mais sensíveis.

Tabela 2 - Parâmetros de controle do método instrumental para a determinação de Cd, Pb e Hg em pescado.

Metal	VC ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	VM ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	LD ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	LQ ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Precisão (CV) (%)	Exatidão (%)
Cd	2,48 \pm 0,08 ^a	2,48	0,001	0,001	0,93	100
Pb	0,31 \pm 0,009 ^a	0,30	0,042	0,102	7,07	96
Hg	23,20 \pm 2,63 ^b	21,38	0,145	0,351	4,03	92

^a O Material de Referência Certificado utilizado foi Tecido de ostra (SRM) 1566b, NIST, USA.

^b O Material de Referência Certificado utilizado foi Human Hair Spiked (IAEA 085) International Atomic Energy Agency. Viena-Austria.

VC: Valor Certificado. VM: Valor Medido. / LD: Limite de Detecção. / LQ: Limite de Quantificação.

3.2. Níveis de metais pesados

As concentrações médias anuais dos diferentes metais (Cd, Pb e Hg) na porção comestível de crustáceos, peixes e moluscos são apresentadas na Tabela 3 e Figura 2. Dos metais estudados apenas o mercúrio teve, nos resultados encontrados, todos os valores abaixo do limite de detecção ($<0,145 \mu\text{g.g}^{-1}$), em todas as espécies, durante todo o período de análise. O cádmio foi encontrado em todo o pescado, sendo maior em moluscos ($0,446 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,034$), seguido de crustáceos ($0,007 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,001$) e peixes ($0,001 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,0003$). O chumbo foi detectado nos peixes ($0,044 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,003$) e nos moluscos ($0,111 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,009$). Nos crustáceos os valores encontrados estão abaixo do limite de detecção ($<0,042 \mu\text{g.g}^{-1}$). Todos os valores encontrados apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação para o consumo humano, de acordo com a RDC 42/2013 (Tabela 4).

Tabela 3 – Concentrações médias anuais ($\mu\text{g.g}^{-1}$ de peso úmido), dos metais pesados encontrados nos pescados capturados na Baía de Aratu.

Analito	Crustáceos		Peixes		Moluscos	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Cd	0,007	0,001	0,001	0,0003	0,446	0,034
Pb	$< 0,042$	-	0,044	0,003	0,111	0,009
Hg	$< 0,145$	-	$< 0,145$	-	$< 0,145$	-

DP: Desvio Padrão.

Tabela 4 - Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos.

Metal	Crustáceos ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Peixes ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Moluscos ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
Cd	0,50	0,05	2,00
Pb	0,50	0,30	1,50 ²
Hg	0,50	0,50 ¹	0,50

Fonte: RDC Nº 42, de 29 de agosto de 2013 (ANVISA)

¹ Peixes não predadores.

² Moluscos bivalves.

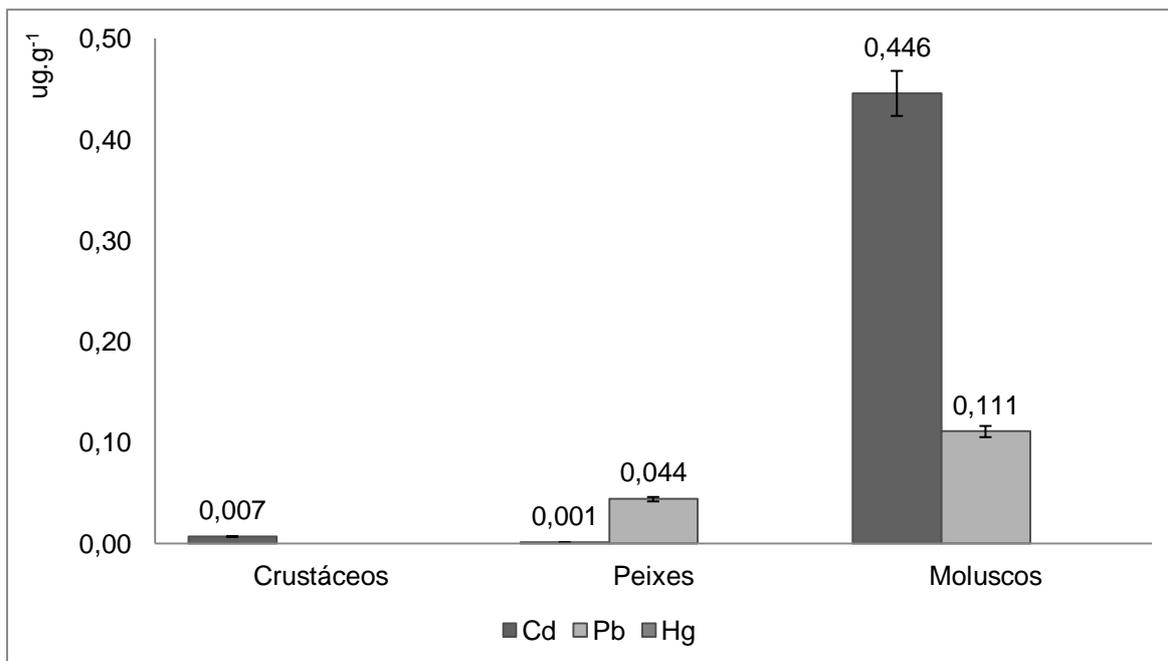


Figura 2. Concentração média anual dos metais pesados nos pescados coletados na Baía de Aratu.

As concentrações médias de Cd e Pb em crustáceos e moluscos coletados na região, entre novembro/2013 e setembro/2014, são mostradas nas Figuras 3 e 4 onde constata-se a presença dos metais Cd e Pb durante todo o período amostral.

As concentrações médias bimestrais de Cd nos moluscos bivalves variaram, no período da análise, de 0,238 $\mu\text{g.g}^{-1}$ a 0,636 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (Figura 3). Estas concentrações foram substancialmente mais elevadas do que as encontradas nos crustáceos (0,0046 a 0,011 $\mu\text{g.g}^{-1}$) (Figura 3). A capacidade dos bivalves para concentrar grandes quantidades de Cd é bem conhecida (STORELLI, 2008). Constata-se também que níveis de Cd foram encontrados nos peixes, em dois meses, março e maio, com os mesmos valores (0,0006 $\mu\text{g.g}^{-1}$), e com valores muito baixos, nos demais meses, os valores encontrados foram abaixo do limite de detecção. Estes dados corroboram de que não existe uma tendência de biomagnificação de Cd em tecidos de peixes ao longo da cadeia trófica. No entanto, os resultados apresentados estão dentro do intervalo de valores reportados para os organismos marinhos de mangue (STORELLI, 2008).

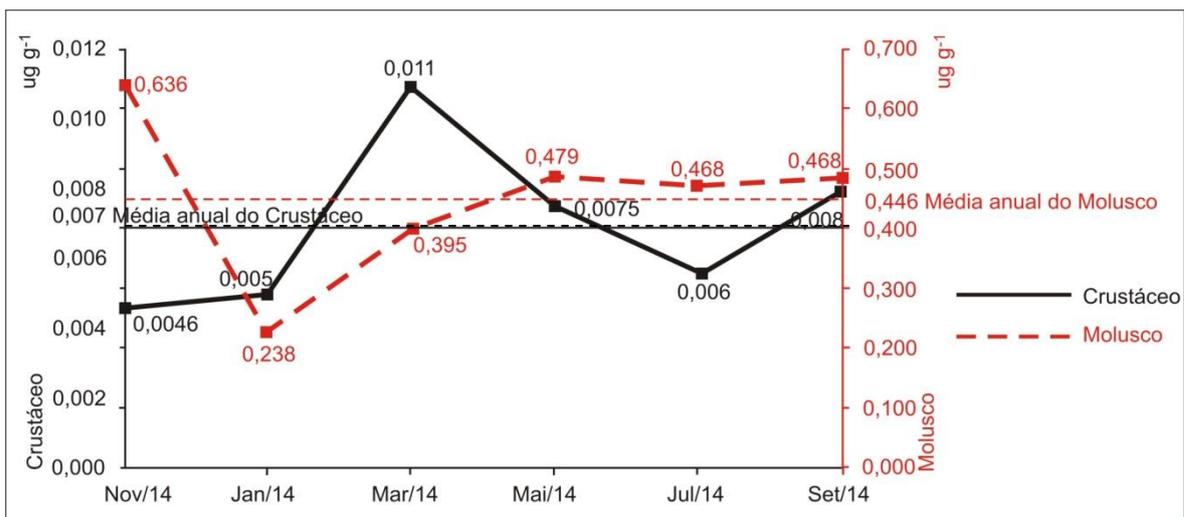


Figura 3 – Distribuição bimestral da concentração média de Cd em crustáceos e moluscos.

Como pode ser visto na Figura 2 e Tabela 3, níveis significativos de Pb foram encontrados apenas em peixes e moluscos, nos crustáceos os valores encontrados estão abaixo do limite de detecção. O Pb nos peixes só foram detectados no mês de maio (0,044 $\mu\text{g.g}^{-1}$), nos moluscos estiveram presentes durante todo o período monitorado numa faixa variando de 0,086 $\mu\text{g.g}^{-1}$ à 0,151 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (Figura 4). Este comportamento é similar a outros dados que relatam uma diminuição no nível de Pb no meio ambiente marinho (KIM et al., 2013; STORELLI, 2008).

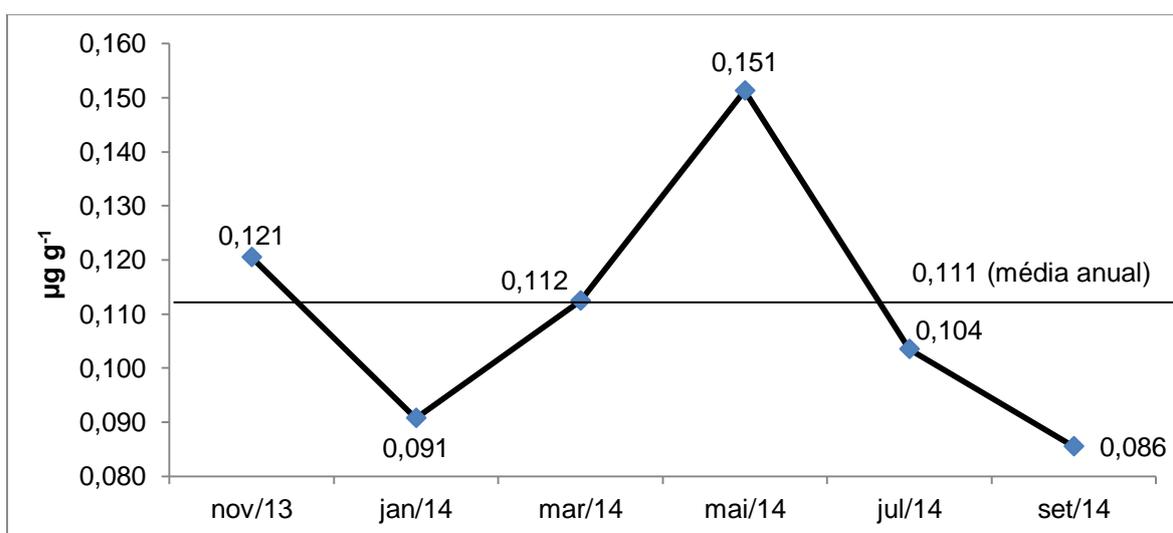


Figura 4 – Distribuição bimestral da concentração média de Pb em moluscos.

Guérin et al., (2011) relata, num estudo realizado com 159 amostras de pescado coletadas na costa da França, entre janeiro e abril de 2005, ter encontrado Pb, valor médio de $0,011 \pm 0,009 \mu\text{g.g}^{-1}$, em peixes do tipo anchova, enguia, peixe-escorpião e sardinha, que foram as espécies mais contaminadas. No entanto, nenhuma espécie excedeu os níveis máximos estabelecidos pelo Regulamento (CE) nº 629/2008 ($0,30 \mu\text{g.g}^{-1}$ para o músculo do peixe). Guérin et al., (2011) encontrou também em crustáceos e molusco, Pb em um nível médio de $0,068 \pm 0,08 \mu\text{g.g}^{-1}$, sendo o molusco a espécie mais contaminada ($0,351 \mu\text{g.g}^{-1}$). Novamente, nenhuma espécie excedeu o nível máximo estabelecido pelo Regulamento (CE) nº 629/2008 ($1,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ para molusco bivalve).

As concentrações de Hg, nos diferentes organismos (peixe, moluscos e crustáceos) estão abaixo do nível de detecção, como mostra a Tabela 3. Segundo Dabeka et al., (2011) para as amostras de peixes predatórios comprados no varejo no Canadá, as concentrações médias de Hg nas diferentes espécies (37 a 854 ng.g^{-1}) pode ser atribuída ao tamanho de cada peixe a partir do qual a amostra foi tomada, já que as concentrações de mercúrio em peixes dependem desta variável.

A biotransformação do mercúrio inorgânico em metilmercúrio representa um sério risco ambiental visto que ele se acumula na cadeia alimentar aquática pela bioamplificação, ou seja, a concentração do metal aumenta à medida que ele avança nos níveis tróficos. Nas amostras adquiridas de produtor artesanal de Santa Luzia, que tem seus manguezais nas enseadas da Baía de Aratu - um local a muito tempo com registros de informações sobre concentração de espécies metálicas com potencial impacto na região (HATJE et al., 2009; REIS, 1975) - os resultados encontrados do Hg encontram-se abaixo do LD para as espécies analisadas, mas isso não elimina a possibilidade de ser detectado em outras espécies.

Nos estudos realizados pelo Centro de Recursos Ambientais órgão ambiental do Estado da Bahia, atual INEMA, (CRA, 2005) os resultados sobre concentração de Hg, em crustáceos, peixes e molusco, para as localidades avaliadas na Baía de Todos os Santos, dentre elas Mapele, que é uma comunidade vizinha à Santa Luzia (Figura 1), não ultrapassaram os limites

estabelecidos pela legislação vigente na época (Portaria N° 685/98-ANVISA), nem da legislação atual (RDC N° 42, de 29 de agosto de 2013 - ANVISA).

3.3. Análise de risco

Participaram voluntariamente da pesquisa, 55 pessoas, entre adolescentes e adultos. Desse total a maioria (96%) eram mulheres, destas 18% eram adolescentes.

Segundo o relato dos entrevistados, a maioria (78,27%) consumia os três tipos de pescado, ou seja, crustáceos, peixes e molusco, durante o ano. O consumo de somente um tipo de pescado se restringiu a 12,73% das pessoas e de dois tipos a 9% dos consumidores (Figura 5). Nessas entrevistas foi identificado que 14,54% dos entrevistados consomem algum tipo de pescado pelo menos uma vez ao ano, 40% mensalmente, 67,27% semanalmente, e somente 5,45% relataram consumir ao menos uma espécie de pescado diariamente (Figura 6). Constatamos também que cerca de 54,54% das pessoas entrevistadas relataram consumir mais de 12,0 kg de pescado no ano, que é a meta de consumo de pescado estipulado pela Organização Mundial de Saúde (SARTORI; AMANCIO, 2012).

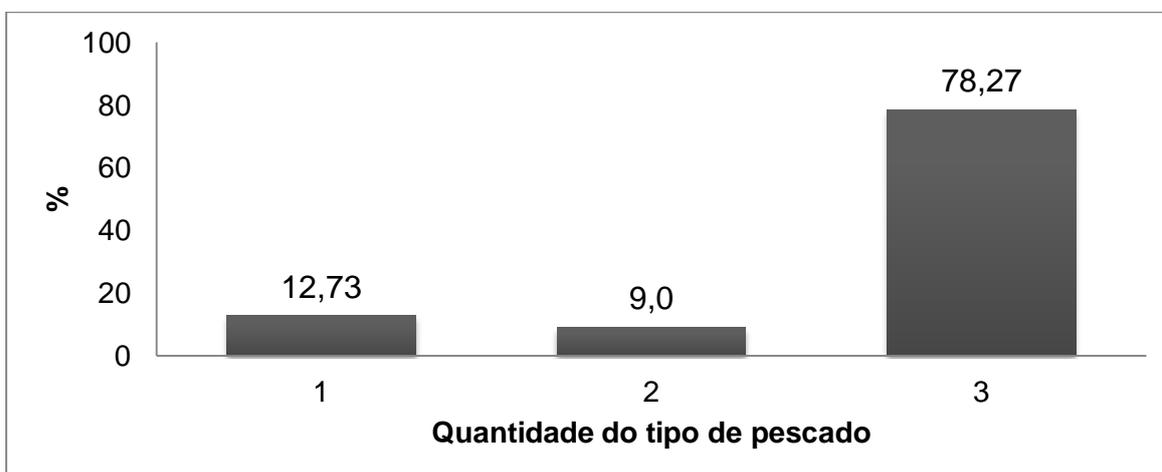


Figura 5 – Percentual do tipo de pescado consumido durante o ano.

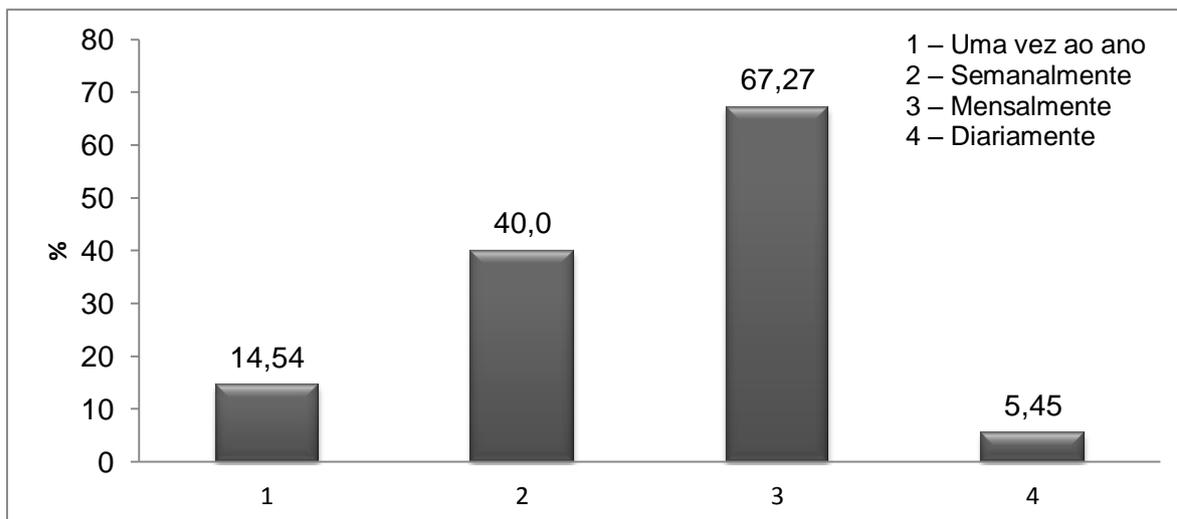


Figura 6 – Percentual da frequência do consumo de pescado durante o ano.

Segundo dados do IBGE, por meio da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008/2009, a aquisição domiciliar *per capita* média de pescado no Brasil foi estimada em 4,0 kg por ano, sendo que no meio urbano, esse valor atingiu 3,3 kg e no meio rural, 7,6 kg. Considerando a origem das espécies, cada brasileiro adquiriu 1,57 kg de pescado de água doce e 1,91 kg de pescado de água salgada (IBGE, 2010; SARTORI; AMANCIO, 2012).

O Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura – Brasil (2010), informa que consumo de pescado no Brasil, em 2009, foi de 9 kg/*per capita*/ano (BRASIL, 2012) e o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2013), trás que a média por habitante ano no País alcançou 11,17 quilos em 2011. Portanto houve um aumento de 14,5% no período. Em dois anos (2010 e 2011), o crescimento da demanda por peixes e frutos do mar aumentou em média 23,7% (MPA, 2013).

Portanto os dados fornecidos pela comunidade do presente estudo contribuem com a tendência de aumento do consumo de pescado no país. De posse desses resultados, após a identificação das concentrações no pescado analisado e a fixação dos parâmetros do estudo e de toxicidade, estimamos o risco não carcinogênico associado ao consumo do pescado oriundo da Baía de Aratu (Tabela 5). Essa estimativa de risco, calculada pelo quociente de risco (QR), é caracterizada como risco de intoxicação ou de toxicidade (não carcinogênico), ou seja, representa qualquer caso de intoxicação por Cd e Pb, estimado pelo consumo do pescado e dos dados de exposição relatados pela comunidade. Essas informações são representadas pelo C1. A outra estimativa é

caracterizada pelo risco de um evento não carcinogênico pela exposição oral aos metais supracitados e de acordo com os parâmetros estipulados pela ATSDR (2001) e/ou USEPA (2013) que são representadas pelo C2.

Tabela 5. Quocientes de risco não Carcinogênico para cada Cenário.

Cenários	QR (Cd)	QR (Pb)	QR (Hg)	TQR ^a
C 1	0,532	0,050	-	0,582
C 2	0,409	0,035	-	0,444

^a Soma dos QRs dos metais individuais.

Para efeito de cálculo e comparação do C1 com o cenário (C2) que é normalmente usado pelo USEPA (2013), utilizamos a média do QR individual que calculamos para cada indivíduo entrevistado. Nos cálculos do QR individual observamos que 90,90% das pessoas apresentaram $QR < 1$, ou seja, um risco negligenciável e 9,10% apresentaram um risco considerado baixo, ou seja, $QR \geq 1$ a $< 9,9$. Esse baixo risco foi identificado justamente nas pessoas que relataram um consumo alto de pescado. Os indivíduos que apresentaram QR entre 1,074 e 1,123, declararam consumir algum tipo de pescado de duas vezes ao dia a cinco vezes na semana, o equivalente ao consumo de 122 a 175 g/dia de pescado. No limite superior deste intervalo, dois indivíduos tiveram um QR estimado de 4,290 e 8,070 devido ao consumo de pescado diário, de duas a quatro vezes ao dia, ou seja, de 572 a 758 g/dia, respectivamente.

Como os resultados dos níveis de metais encontrados em cada espécie estavam dentro dos limites estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2013), optou-se por calcular o QR associado às exposições múltiplas (TQR), ou seja, levando em conta o somatório do consumo de todas as espécies, crustáceos, peixes e moluscos e de acordo com o relato dos entrevistados.

De acordo com a Tabela 5, o TQR estimado para o consumo de pescado no C1 foi de 0,582 e no C2 foi de 0,444. Em ambos os casos o $QR < 1$ caracteriza um risco negligenciável.

Os resultados encontrados no TQR, embora ambos negligenciáveis, indicam que no C1 o risco foi maior que no C2, e isto ocorreu devido ao alto consumo relatado pelos participantes da pesquisa. A presença do Cd ocorreu com maior representatividade de risco em ambos os cenários, seguida do Pb.

A avaliação do risco não carcinogênico relacionado à ingestão de crustáceos, peixes e moluscos contaminados com metais, apresentados na Tabela 6, foi negligenciável em todos os resultados por apresentar $QR < 1$. Porém, embora mesmo tendo um risco total considerado negligenciável ($TQR = 0,443$), o alto consumo de molusco pode representar um risco mais elevado tanto com relação ao Cd, quanto ao Pb. Ou seja, o risco de toxicidade associado ao consumo de molusco ($TQR = 0,426$) foi maior que o do consumo associado ao peixe ($TQR = 0,011$) e ao crustáceo ($TQR = 0,006$).

Tabela 6 - Quociente de risco não Carcinogênico para o consumo de pescado*

Metais\	QR (Cd)	QR (Pb)	QR (Hg)	TQR
Pescado				
Crustáceos	0,006	0	0	0,006
Peixes	0,001	0,010	0	0,011
Moluscos	0,401	0,025	0	0,426
Total	0,408	0,035	0	0,443

* Utilização do Cenário 2 para realização desse QR.

Nos estudos realizados em Mapele, localidade vizinha a Santa Luzia, pelo Centro de Recursos Ambientais órgão ambiental do Estado da Bahia, atual INEMA, (CRA, 2005), os resultados do QR para Cd, Pb e Hg, associado ao consumo de moluscos e crustáceos foi de 5; 1,4 e 2, respectivamente, indicando um risco baixo para o consumo dessas espécies. O quociente de risco não carcinogênico associado ao consumo de peixes foi negligenciável para Cd ($QR=0,1$) e Pb ($QR=0,04$), mas considerado moderado para o Hg ($QR=13$).

Os metais, avaliados neste estudo, podem ser responsáveis por diversos efeitos nos organismos, os quais podem variar inter e intra-espécies. O significado do risco à saúde humana para cada metal também é diferente, sendo que existem metais que demandam maiores atenções por parte dos órgãos ambientais e de saúde pública.

O Cd é um metal pesado, com a característica de se bioacumular em tecidos animais. Os moluscos, além de acumular muitos microrganismos, acumulam o metal em seus tecidos. Os fatores de bioconcentração, da ordem dos milhares, podem causar danos graves aos organismos contaminados

(EUROPEAN COMMISSION - COWI, 2002; WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO, 1991). Um dos principais efeitos adversos observados na exposição crônica ao Cd são lesões renais. Nunes (2014) observou que indivíduos dessa mesma localidade apresentaram níveis de Cd urinário que estavam diretamente associados ao aumento de excreção urinária de proteínas de baixo peso molecular β_2 -microglobulina (β -2M) e da enzima NAG (N-acetil- β -glucosaminidase), que pode refletir lesões sub-clínicas nas células dos túbulos contornados dos nefrons.

O Pb 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 (WHO, 1989, 1995), o chumbo demonstrou causar efeitos adversos em vários órgãos e sistemas em todas as espécies submetidas a estudos experimentais. Incluem sistema sanguíneo, nervoso central, reprodutivo, imune e os rins.

O Hg é outro metal pesado com característica acumulativa e pode atingir concentrações muito elevadas, causando graves efeitos deletérios ao ser humano. A exposição crônica ao mercúrio pode causar uma série de sintomas típicos como redução da sensibilidade visual, da coordenação motora e variações comportamentais, indicando uma ação neurotóxica específica (LINS et al., 2010).

A estimativa do risco encontrada é fortemente relacionada com o poder de acumulação das espécies avaliadas para cada contaminante. O grupo dos crustáceos foi o que apresentou os menores riscos ao consumo, seguido dos peixes e dos moluscos. O grupo dos moluscos foi o que apresentou maiores possibilidades de riscos associado a um número maior de contaminantes.

4. CONCLUSÃO

Este estudo ofereceu uma avaliação dos níveis dos metais, Cd, Pb e Hg em crustáceos, peixes e moluscos e um risco estimado de ingestão desses metais por consumo do pescado da Baía de Aratu. Os resultados encontrados dos metais estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2013) para as espécies estudadas. Porém a presença do Cd no pescado analisado indica uma maior representatividade de risco em ambos os cenários estabelecidos, bem como um maior risco de toxicidade associado ao consumo de molusco.

A comunidade de Santa Luzia relatou um consumo relativamente elevado de pescado, com valores acima do nível médio brasileiro. O risco calculado, para a maioria dessa população (90,90%), foi considerado negligenciável, mas 9,10% da população apresentaram um risco baixo, que deve ser levado em consideração para avaliações futuras e indica uma possibilidade maior de risco se associado ao consumo concomitante de outras espécies.

O risco de toxicidade associado ao consumo de molusco foi maior que o do consumo associado ao crustáceo. Ou seja, a alto consumo, somente, de molusco pode representar um risco mais elevado tanto com relação ao Cd, quanto ao Pb, em todo o período analisado.

A avaliação de risco tem assumido crescente importância nos últimos anos, dada a preocupação com a segurança alimentar, com a saúde pública e com problemas ambientais. Em função destes resultados, principalmente do alto consumo relatado pela população estudada, é altamente recomendável a realização de um aprofundamento do estudo no sentido de aumentar o número de espécies avaliadas; ampliar os quantitativos de amostras; aumentar a quantidade de metais a serem analisados; aumentar o nível de sensibilidade dos métodos de análise, e continuar considerando o consumo da comunidade local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, C. G. C. **Análise das folhas de Rhizophora mangle L. submetidas aos impactos ambientais do município de Santo Amaro – Bahia.** Monografia, Universidade Católica de Salvador, Bahia, Brasil. 2006.

ATSDR - Agency For Toxic Substances And Disease Registry **Minimal Risk Levels for Hazardous Substances.** Washington, 2001. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>. Acesso em jan 2015.

BAHIA. Secretaria da Indústria e Comércio. Departamento de Indústria e Comércio. **Plano Diretor do CIA (Centro Industrial de Aratu).** Salvador- BA, 67p. 1980.

BONFIM, I. C. V. **Avaliação da qualidade ambiental de áreas de manguezais impactadas por atividades industriais da Baía de Todos os Santos.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Brasil. 116 p. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável.** Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 210 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos)

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa n. 24, de 14 de julho de 2009. **Define os requisitos e critérios específicos para funcionamento dos laboratórios de análises de resíduos e contaminantes em alimentos integrantes da Rede Nacional de Laboratórios Agropecuários.** Diário Oficial da União. Brasília, DF, 22 jul 2009. Seção I, n. 138. p.7.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura - Brasil 2010.** Brasília, 2012.

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.

BRITO, R. R. C. Capítulo I: Ambientes aquáticos. Parte II: A Baía de Todos os Santos hoje – Cenário natural. In: UFBA-NIMA. **Baía de Todos os Santos: diagnóstico socioambiental e subsídio para a gestão.** Bahia: Germen, p.69-78, 1997.

CELINO, J. J.; QUEIROZ, A. F. S. Fonte e grau da contaminação por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) de baixa massa molecular em sedimentos da Baía de Todos os Santos, Bahia. **Revista da Escola de Minas**, v. 59, p. 265-270. 2006.

COPAT, C.; ARENA, G; FIORE, M.; LEDDA, C.; FALLICO, R.; SCIACCA, R.; FERRANTE, M. Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: Consumption advisories. **Food and Chemical Toxicology**, v. 53, p. 33–37, 2013.

COPEL, R.; CLARK, N. A.; RIDEOUT, K.; PALATY, J.; TESCHKE, K. Uptake of cadmium from Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in British Columbia oyster growers. **Environmental Research**, v. 107, p.160–169, 2008.

COSTA, A. B.; ZUCCHI, M. R.; AZEVEDO, A. E. G; SANTOS, V. L. C. S.; AZEVEDO, E. R.; BONAGAMBA, T. J. **Caracterização da matéria orgânica de sedimentos da Baía**

de Todos os Santos. In: Queiroz, A. F. e Celino, J. J. (Eds.). Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos. RECUPETRO_PROAMB. p. 173-187, 2008.

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

DABEKA, R.W.; MCKENZIE, A.D.; FORSYTH, D.S. Levels of total mercury in predatory fish sold in Canada in 2005. **Food Additives and Contaminants**, v. 28, n. 6 p. 740–743, 2011.

EUROPEAN COMMISSION - COWI. **Heavy metals in waste: final report.** Denmark: Cowi A/S, 2002. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/heavy_metalsreport.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2014.

FERREIRA, A. N. **Avaliação do impacto da dragagem sobre associação fitoplanctônica do Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos – Salvador.** Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente - POSPETRO, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2011, 73p.

GARCIA, K. S.; DE OLIVEIRA, O. M. C.; DE ARAUJO, B. R. N. **Biogeoquímica de folhas de Avicennia Schaueriana na área norte da Baía de Todos os Santos.** In: A. F. Queiroz e J. J. Celino (Orgs.). Avaliação de Ambientes na Baía de Todos os Santos. Salvador, PROAMB, UFBA. p. 213-232, 2008.

GUÉRIN, T.; CHEKRI, R.; VASTEL, C.; SIROT, V.; VOLATIER, J-L.;LEBLANC, J-C.; NOËL, L. Determination of 20 trace elements in fish and other seafood from the French market. **Food Chemistry**, v. 127, p. 934–942, 2011.

GUNTINÃS, M. B. C.; WYSOCKA, I.; QUÉTEL, C.; VASSILEVA, E.; ROBOUCH, P.; EMTEBORG, H.; TAYLOR, P. Proficiency test for heavy metals in feed and food in Europe. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 28, n. 4, p. 454-465, 2009.

HATJE, V.; BÍCEGO, M. C.; CARVALHO, G. C.; ANDRADE, J. B. **Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos / Contaminação Química.** Salvador: EDUFBA, 2009. 306 p.

HORTA, M. A. P.; FERREIRA, A. P.; LUZARDO, A. J. R.; BRIGNOL, V.; BRASIL, V. I.; FARO, A. R. M. C. *et al.*, Risk Analysis of cadmium intake by fish consumers in a subtropical coastal Lagoon, Sepetiba Bay-Se, Brazil. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 24, n. 1, p. 46-53, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Aquisição alimentar domiciliar *per capita*. Rio de Janeiro: 2010.

IUPAC, International Union of Pure and Applied Chemistry, **Chemistry Compendium of Chemical Terminology**, ed. 2, 1997.

KIM, D.; BLOOM, M. S.; PARSONS, P.J.; FITZGERALD, E. F.; BELL, E. M.; STEUERWALD, A. J.; FUJIMOTO, V. Y. A pilot study of seafood consumption and exposure to mercury, lead, cadmium and arsenic among infertile couples undergoing *in vitro* fertilization (IVF). **Environmental toxicology and pharmacology**, v 36, p. 30–34, 2013.

LIU, P.; WANG, C-N.; SONG, X-Y.; WU, Y-N. Dietary intake of lead and cadmium by children and adults – Result calculated from dietary recall and available lead/cadmium level in food in comparison to result from food duplicate diet method. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 213, p.450–457, 2010.

MARTINS, R. J. E. **Acumulação e libertação de metais pesados por brióftas aquáticas**. 2004. 650 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade do Porto, Porto, Portugal. 2004.

MORGANO, M. A.; OLIVEIRA, A. P. F.; RABONATO, L. C.; MILANI, R. F.; VASCONCELLOS, J. P.; MARTINS, C. N. et al., Avaliação de contaminantes inorgânicos (As, Cd, Cr, Hg e Pb) em espécies de peixes. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 4, p.497-506, 2011.

MORGANO, M. A.; RABONATO, L.C.; MILANI, R. F.; MIYAGUSKU, L.; QUINTAES, K. D. As, Cd, Cr, Pb and Hg in seafood species used for sashimi and evaluation of dietary exposure. **Food Control**, v. 36, p. 24-29, 2014.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura Brasil**. Brasília: MPA; 2013.

NOËL, L.; VASTEL, C.; CHEKRI, R.; CHAFEY, C.; TESTU, C.; GUÉRIN, T. Evaluation of 10-years French NRL proficiency tests for lead, cadmium and mercury analysis in foodstuff of animal origin. **Microchemical Journal**, v. 92, p. 73–79, 2009.

NUNES, L. S. **Exposição ambiental a mercúrio, cádmio e chumbo e efeitos na função renal de adultos de Simões Filho, Bahia**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal da Bahia. Salvador – BA. 2014. 78p.

OLMEDO, P.; PLA, A.; HERNÁNDEZ, A. F.; BARBIER, F.; AYOUNI, L.; GIL, F. 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.

PETROCZI, A.; NAUGHTON, D. P. Mercury, cadmium and lead contamination in seafood: A comparative study to evaluate the usefulness of Target Hazard Quotients. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, p. 298–302, 2009.

PSOMA, A. K.; PASIAS, I. N.; ROUSIS, N. I.; BARKONIKOS, K. A.; THOMAIDIS, N. S. Development, validation and accreditation of a method for the determination of Pb, Cd, Cu and As in seafood and fish feed samples. **Food Chemistry**, v. 151, p. 72–78, 2014.

QUEIROZ, A. F.; CELINO, J. J. **Manguezais e ecossistemas estuarinos da Baía de Todos os Santos**. In: Avaliação de Ambientes na Baía de Todos os Santos. Salvador, PROAMB, UFBA. p. 39-58, 2008(a).

QUEIROZ, A. F.; CELINO, J. J. **Metais traço no ecossistema manguezal da Baía de Aratu**. In: Avaliação de Ambientes na Baía de Todos os Santos. Salvador, PROAMB, UFBA. p. 233-245, 2008 (b).

RAHIMI, E.; ZAKER, S. H.; FARFANI, M. H. D.; ARAGHI, M. R.; VAFAEI, M.; GOUDARZI, M. A. Cadmium concentrations in shrimp (*Penaeus semisulcatus* and *Penaeus monodon*) caught from the coastal areas in southern Iran. **Toxicology and Industrial Health**, v. 29, n. 3, p. 272–275, 2013.

REIS, J. Determinação polarográfica de Pb²⁺ e Cd²⁺ em águas do Rio Subaé – Santo Amaro. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 81f, 1975.

SANCHES FILHO, P. J.; DA FONSECA, V. K.; HOLBIG, L. Avaliação de metais em pescado da região do Pontal da Barra, Laguna dos Patos, Pelotas-RS. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, v. 8, n. 1, p. 105-111, 2013.

SARTORI, A. G. O.; AMANCIO, R. D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 83-93, 2012.

SOUZA, T. M. C. **Manual de Análises de Mercúrio**. Ministério do Meio Ambiente, Japão. 2004, 116p. Disponível em: www.nimd.go.jp/english/kenkyu/docs/Hg%20Manual-Portuguese.pdf

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, p. 2782–2788, 2008.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Risk assessment information system** - RISK. 2013. Disponível em: http://rais.ornl.gov/cgi-bin/prg/RISK_search?select=chem. Acesso em: jan. 2015.

VIANA, F.; HUERTAS, R.; DANULAT, E. Heavy Metal Levels in Fish from Coastal Waters of Uruguay. *Environmental Contamination and Toxicology*, v. 48, p. 530–537, 2005.

WANG, S-L; XU, X-R; SUN, Y-X ; LIU, J-L; LI, H-B. Heavy metal pollution in coastal areas of South China: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 76 p. 7–15, 2013.

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

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

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Environmental health criteria 165**: inorganic lead. Geneva: ONU, 1995.

ANEXO A

QUESTIONÁRIO SÓCIO ECONÔMICO

Número do Questionário:	Data da entrevista: / /	Horário de Início: : h
Entrevistador:	Código do Entrevistador:	

Nome Completo do Entrevistado:
Endereço Completo: _____ _____
Telefone para contato:

IDENTIFICAÇÃO:			
Q 1	Sexo:	1. () Masculino	2. () Feminino
Q 2	Data de Nascimento:	Idade:	
Q 3	Etnia:	1. () Branca	2. () Negra 3. () Amarela 4. () Outras

SÓCIO ECONÔMICO, HÁBITOS DE MORADIA E DE VIDA E DE ATIVIDADE OCUPACIONAL					
Q 4	Renda familiar mensal (em salário mínimo)	1. Até 1: ()	2. Entre 1 e 2: ()	3. Entre 2 e 5: ()	4. Acima de 5: ()
Q 5	Escolaridade	Fundamental 1. Incompleto: () 2. Completo: ()	Médio 3. Incompleto: () 4. Completo: ()	Superior 5. Incompleto: () 6. Completo: ()	7. Outra: () _____
Q 7	Nasceu em Santa Luzia?	1. Sim ()	2. Não ()	Há quanto tempo mora em Santa Luzia?	Anos: _____
Q 8	É fumante?	1. Sim ()	2. Não ()	Siga para a Q 9	
Q 9	Ingere bebida alcoólica?	1. Sim ()	2. Não ()	Siga para a Q 11	
Q 10	Qual a frequência com que ingere bebida alcoólica?	_____ vezes por semana			
Q 11	Principal atividade	1. Desempregado () Siga para Q 13	2. Estudante () Siga para Q 13	3. Emp.Informal () Siga para a Q 13	4. Emp. Formal ()
Q 12	Qual a atividade profissional?	Faz atividade física			Sim () Não () 1 2 3 4 5 6 7

SAÚDE			
Q 13	Tem algum problema de saúde?	1. Sim () Qual?	2. Não ()
Q 14	Toma algum remédio?	1. Sim () Qual?	2. Não ()
Q 15	Com que frequência toma esse remédio?	1. Todos os dias ()	2. Semanalmente () 3. Às vezes ()

ANEXO B

QUESTIONÁRIO DE FREQUÊNCIA ALIMENTAR

Nome: _____ Sexo () M () F

Peso: _____ kg. Altura: _____ m. Data nascimento: ____/____/____. Idade _____

Está gestante () ou amamentando ()

ADULTO E ADOLESCENTE

1. Você mudou seus hábitos alimentares recentemente ou está fazendo dieta para emagrecer ou por qualquer outro motivo?

- (1) Não (5) Sim, para redução de sal
(2) Sim, para perda de peso (6) Sim, para redução de colesterol
(3) Sim, por orientação médica (7) Sim, para ganho de peso
(4) Sim, para dieta vegetariana ou redução do consumo de carne Outro motivo: _____

2. Você está tomando algo para suplementar sua dieta (vitaminas, minerais e outros produtos)?

- (1) não (2) sim, regularmente (3) sim, mas não regularmente

3. Se a resposta da pergunta anterior for sim, favor preencher o quadro abaixo:

SUPLEMENTO	MARCA COMERCIAL	DOSE	FREQUÊNCIA

4. As questões seguintes relacionam-se ao seu hábito alimentar usual no PERÍODO DE UM ANO. Para cada quadro responda, por favor, a frequência que melhor descreva QUANTAS VEZES você costuma comer cada item e a respectiva UNIDADE DE TEMPO (se por dia, por semana, por mês ou no ano). Depois responda qual a sua PORÇÃO INDIVIDUAL USUAL em relação à porção média indicada. ESCOLHA SOMENTE UM CÍRCULO PARA CADA COLUNA. Muitos grupos de alimentos incluem exemplos. Eles são sugestões e você pode consumir todos os itens indicados. Se você não come ou raramente come um determinado item, preencha o círculo da primeira coluna (N=nunca come). NÃO DEIXE ITENS EM BRANCO.

GRUPO DE ALIMENTO	Com que frequência você costuma comer?		Qual o tamanho de sua porção em relação à porção média?	
	QUANTAS VEZES VOCÊ COME:	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Alimentos e preparações	Número de vezes: 1, 2, 3, etc. (N = nunca ou raramente comeu no último ano)	D = por dia S = por semana M = por mês A = por ano	Porção média de referência	P = menor que a porção média M = igual à porção média G = maior que a porção média E = bem maior que a porção média

CARNES E OVOS	QUANTAS VEZES VOCÊ COME	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Carne de boi (cozida, assada, frita)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 bife médio ou 2 pedaços (100g)	P M G E
Carne de porco, carneiro ou cabra (lombo, bisteca)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 fatia média (100g)	P M G E
Carnes salgadas: charque, carne seca, carne de sol	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	2 pedaços pequenos (40g)	P M G E
Linguíça, bacon, toucinho	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 gomo médio (60g)	P M G E
Aves (frango, pato, peru, codorna)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 pedaço ou 1 filé pequeno (60g)	P M G E
Embutidos (presunto, mortadela, salsicha)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	2 fatias médias (30g)	P M G E
Hambúrguer, nuggets, almôdega	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 unidade média (60g)	P M G E
Ovos (cru, cozido, frito)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 unidade (50g)	P M G E
Peixes (cozido, frito, assado)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 filé ou 1 posta pequena (100g)	P M G E
Frutos do mar (sururu, ostra, siri)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 concha média (86g)	P M G E
Camarão (frito, cozido)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	13 unidades (100g)	P M G E
Peixes enlatados (atum, sardinha)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 lata (112g)	P M G E

MODO DE PREPARO - INSTRUÇÕES:

Qual o modo de preparo que normalmente o senhor utiliza para:

Carne de boi:

- () Cozida
 () Assada
 () Grelhado
 () Frito com pouco óleo
 () Frito com muito óleo (imersão)
 () Não sei

Carne de porco:

- () Cozida
 () Assada
 () Grelhado
 () Frito com pouco óleo
 () Frito com muito óleo (imersão)
 () Não sei

Carne de frango:

- () Cozida
 () Assada
 () Grelhado
 () Frito com pouco óleo
 () Frito com muito óleo (imersão)
 () Não sei

GRAU DE COZIMENTO - INSTRUÇÕES:

Qual o grau de cozimento que normalmente o senhor(a) as consome:

Carne de boi:

- () Mal passada
 () Ao ponto
 () Bem passada
 () Muito bem passada
 () Não sei

Carne de porco:

- () Mal passada
 () Ao ponto
 () Bem passada
 () Muito bem passada
 () Não sei

Carne de frango:

- () Mal passada
 () Ao ponto
 () Bem passada
 () Muito bem passada
 () Não sei

LEGUMINOSAS	QUANTAS VEZES VOCÊ COME	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Feijão (carioca, preto, verde, fradinho)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 concha média (86g)	P M G E
Lentilha, ervilha seca, grão de bico, soja	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 colher de servir (35g)	P M G E
Feijoada, feijão tropeiro	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 concha grande (210g)	P M G E
LATICÍNEOS	QUANTAS VEZES VOCÊ COME	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Queijo mussarela, prato, parmesão, provolone	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 ½ fatias grossas (30g)	P M G E
Queijo minas, ricota	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 fatia média (86g)	P M G E
Leite (integral, desnatado)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 copo requeijão (200mL)	P M G E
Iogurte (integral, desnatado, semi-desnatado)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 copo requeijão (200mL)	P M G E
SOPAS E MASSAS	QUANTAS VEZES VOCÊ COME	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Sopas (de legumes, canja, creme, etc)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 concha média (150g)	P M G E
Macarrão com molho sem carne	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 prato raso (200g)	P M G E
Macarrão com molho com carne, lasanha, nhoque	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 escumadeira ou 1 pedaço pequeno (110g)	P M G E
Pizza, panqueca	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	2 fatias ou 2 unid pequenas (180g)	P M G E
Salgados fritos (pastel, coxinha, rissoles)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 unidade grande (80g)	P M G E
Salgados assados (esfiha, bauru, torta)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	2 fatias ou 2 unid médios (140g)	P M G E
Miojo	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 prato raso (200g)	P M G E
ARROZ E TUBÉRCULOS	QUANTAS VEZES VOCÊ COME	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Arroz (branco, integral cozido com óleo e temperos)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	2 escumadeiras médias (120g)	P M G E
Batata, aipim, inhame	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 escumadeira cheia (90g)	P M G E
Farinha de mandioca, cuscuz, aveia, tapioca	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	3 colheres de sopa (40g)	P M G E
HORTALIÇAS	QUANTAS VEZES VOCÊ COME	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Tomate, cebola, pimentão cru	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	3 fatias médias (30g)	P M G E
Cenoura, beterraba (crua, cozida)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 colher de sopa (25g)	P M G E

Abóbora, abobrinha, berinjela, chuchu	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 colher de sopa cheia (30g)	P M G E
Acelga, rúcula, agrião, espinafre, alface, couve	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 colher de servir (30g)	P M G E
Brócolis, couve-flor, repolho	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 ramo / 1 colher de sopa (30g)	P M G E
FRUTAS	QUANTAS VEZES VOCÊ COME	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Laranja, tangerina	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 unidade média (180g)	P M G E
Banana	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 unidade média (86g)	P M G E
Maçã, pera	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 unidade média (110g)	P M G E
Mamão, manga	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 fatia ou ½ unid média (160g)	P M G E
Melancia, melão	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 unidade média (150g)	P M G E
Goiaba, abacaxi	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 unidade média (180g)	P M G E
Abacate	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	2 colheres de sopa cheias (90g)	P M G E
BEBIDAS	QUANTAS VEZES VOCÊ COME	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Café, chá (com açúcar)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	2 xícaras de café	P M G E
Café, chá (sem açúcar)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	2 xícaras de café	P M G E
Suco natural	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	½ copo americano (80mL)	P M G E
Suco de caixa, suco em pó	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 caixinha (240mL)	P M G E
Refrigerante (comum, diet/light)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 copo requeijão (240mL)	P M G E
Água (mineral, filtrada)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 copo (300mL)	P M G E
Cerveja	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	2 latas (700mL)	P M G E
PÃES E BISCOITOS	QUANTAS VEZES VOCÊ COME	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Pão francês, pão de forma, integral, torrada	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 unidade ou 2 fatias (50g)	P M G E
Biscoito sem recheio (doce, salgado)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	4 unidades (24g)	P M G E
Biscoito recheado, waffer, amanteigado	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	3 unidades (41g)	P M G E
Bolo (simples, recheado)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 fatia média (60g)	P M G E
Manteiga (margarina, creme vegetal)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	3 pontas de faca (15g)	P M G E
Cachorro quente, hambúrguer, misto	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	2 unidades simples (220g)	P M G E

DOCES E SOBREMESAS	QUANTAS VEZES VOCÊ COME	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Chocolate, bombom, balas, brigadeiro	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 barra pequena (25g)	P M G E
Açúcar, mel	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	½ colher de sopa (6g)	P M G E
Sobremesas, doces, tortas, pudins, geléia, sorvete	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 pedaço/1 fatia média (60g)	P M G E
MOLHOS E TEMPEROS	QUANTAS VEZES VOCÊ COME	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Óleo, azeite de oliva	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 fio (5mL)	P M G E
Maionese, molho para salada, patê, chantilly	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 colher de chá (4g)	P M G E
Sal para tempero de salada	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 pitada (0,35g)	P M G E
Sazon, caldo kinor	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 pitada (0,35g)	P M G E
PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS	QUANTAS VEZES VOCÊ COME	UNIDADE	PORÇÃO MÉDIA (M)	SUA PORÇÃO
Batata frita, salgadinhos	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	2 colheres servir cheias (100g)	P M G E
Feijoadas enlatadas	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 lata (100g)	P M G E
Enlatados (ervilha, milho,)	N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	D S M A	1 colher de servir (35g)	P M G E

5. Por favor, liste qualquer outro alimento ou preparação importante que você costuma comer ou beber pelo menos UMA VEZ POR SEMANA que não foram citados aqui (por exemplo: leite-de-coco, outros tipos de carnes, receitas caseiras, creme de leite, leite condensado, gelatina e outros doces etc.).

ALIMENTO	FREQUÊNCIA POR SEMANA	QUANTIDADE CONSUMIDA

6. Quando você come carne bovina ou suína, você costuma comer a gordura visível?

(1) nunca ou raramente (2) algumas vezes (3) sempre (9) não sabe

7. Quando você come frango ou peru, você costuma comer a pele?

(1) nunca ou raramente (2) algumas vezes (3) sempre (9) não sabe

8. Com que frequência o (a) senhor (a):

Toma café da manhã (N 1 2 3 4 5 6 7)
 Faz algum lanche entre o café e o almoço (N 1 2 3 4 5 6 7)
 Almoça (N 1 2 3 4 5 6 7)
 Faz lanche à tarde (N 1 2 3 4 5 6 7)
 Janta (N 1 2 3 4 5 6 7)
 Faz lanche à noite (N 1 2 3 4 5 6 7)

Hora do Término da entrevista _____

ANEXO C

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE



Título do projeto: “Exposição a metais pesados e efeitos na saúde humana de população em situação de vulnerabilidade”.

Trata-se de um estudo com os indivíduos da comunidade de Santa Luzia.

Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste estudo, que visa avaliar os níveis de metais pesados (chumbo, cádmio e mercúrio) nos tecidos dos peixes e mariscos consumidos pela comunidade e avaliar o risco à saúde humana proveniente desse consumo.

Para investigar esse possível risco, nossa equipe fará aplicação de questionários por entrevista para levantar informações quanto aos dados sócio-demográficos (moradia, dados sócio-econômicos) e sobre estilo de vida e saúde (dieta, atividade física, diagnósticos médicos existentes, etc.). Em seguida, faremos a pesagem das pessoas com uma balança digital e mediremos a altura delas com fita métrica.

Os participantes terão o benefício de obter o resultado da avaliação nutricional. Havendo desvios significativos da normalidade, como obesidade ou desnutrição, o(a) participante será orientado(a) pela Nutricionista.

Estamos à disposição para esclarecer quaisquer dúvidas acerca dos procedimentos do referido estudo. O pesquisador responsável é o **Dr. José Antonio Menezes Filho, Coordenador do Laboratório de Toxicologia Sala 264 - Faculdade de Farmácia - Universidade Federal da Bahia Av. Barão de Jeremoabo s/n - Campus Universitário de Ondina - 41170-115 Salvador - Bahia – Brasil Tel. 3283-6960.**

Caso você tenha dúvidas em relação aos seus direitos como participante, entre em contato com Comitê de Ética em Pesquisa CEP/MCO-UFBA. Rua do Limoeiro, Nº 137 – Nazaré, Cep: 40.005 - 150 - Salvador, BA Coordenador: Prof. Dr. Eduardo Martins Netto. Contato: Sra. Claudia Albuquerque Dias Tel.: (71) 3283-9210/9211.

É garantida a retirada de consentimento (desistência) por parte dos participantes e/ou responsáveis a qualquer momento do estudo sem o prejuízo aos mesmos. Asseguramos a confidencialidade das informações, ou seja, a não divulgação de sua identificação. É aqui reconhecido o dever do pesquisador, quando relevante, manter os objetos de estudo atualizados sobre a pesquisa. Bem como ao pesquisador o compromisso de utilizar os dados coletados somente para a pesquisa.

Qualquer despesa adicional durante o andamento da pesquisa será de responsabilidade da equipe de pesquisa, ou seja, não será de responsabilidade do participante da pesquisa. Os participantes do estudo, por outro lado, não terão nenhuma compensação financeira quanto a sua participação e, ficam os mesmos, livres de qualquer despesa pessoal em qualquer fase do estudo. Esta pesquisa está sendo financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB.

DECLARAÇÃO

Acredito ter sido suficientemente esclarecido(a) a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo. Discuti com os responsáveis pela pesquisa sobre minha decisão de participar. Os propósitos do estudo são claros. Concordo com os itens acima citados. Concordo com os procedimentos a serem realizados, como descritos acima, e bem como, as garantias de confidencialidade e esclarecimentos. Concordo voluntariamente em participar e que poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido.

Assinatura do(a) voluntário(a)/representante legal

Data

____/____/____

para casos de voluntários menores de 18 anos, analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual. Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste participante ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo

Data

____/____/____

ANEXO D – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – CEP/MCO/UFBA
MATERNIDADE CLIMÉRIO DE OLIVEIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
RG 0003460, April 1, 2004 – IRB 00064123, April 8, 2007

1014-0014-0001 - Conselho - Associação Médica Brasileira - 3.º andar, Centro de Pós-graduação em Medicina e Saúde
41194-070 - Salvador, BA - Telefones: (71) 333-3740 E-MAIL: cep_mco@ufba.br

PARECER/RESOLUÇÃO Nº 054/2011

II Este número, bem como o do Parecer acima, deve ser citado nas correspondências referentes a este projeto:

***Exposição a Metais Pesados e Efeitos na Saúde Humana de População em Situação de**

nento: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB. Competível.

sável: Dr José Antônio Menezes Filho, Professor Adjunto D.E. de Toxicologia da Faculdade de

idade Federal da Bahia-UFBA

End: 4.00 – Ciências da Saúde, 403 – Farmácia, Nível Epidemiológico; Grupo III

Final: a associação entre os níveis de mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e cádmio (Cd) com efeitos na os pré-clínicos na função renal na população adulta das comunidades de Cotegipe e Santa Luzia, Sinões Filho, e propor medidas que contribuam para minimização do impacto na saúde humana e

Obj: Medir a exposição a metais (Hg, Pb e Cd), analisando os biomarcadores em amostras de sangue, e os níveis dos metais pesados Hg, Pb e Cd nos materiais coletados na comunidade de Santa Luzia; Medir a exposição a metais (Hg, Pb e Cd) através de marcadores bioquímicos específicos numa amostra da população adulta; Analisar os níveis de cádmio (Cd) na população adulta; Estimar o grau da exposição passiva a fumaça do cigarro urinário cotidiana; Monitorar o grau de exposição aos HPA's, através da medida do biomarcador 1-a, tanto oriundo do cigarro quanto da queima do lixo e das atividades industriais da região; Determinar os níveis de hipertensão específicos destas comunidades, analisando a sua associação com a exposição a metais pesados.

Just: Universal para avaliar duas comunidades Cotegipe e Santa Luzia em Sinões Filho. Com diferentes níveis de exposição a metais pesados com potencial efeito na função renal e na pressão arterial dos adultos a metodologia empregada inclui: coleta de dados, questionários, inquérito nutricional, antropometria, mensuração da pressão arterial e urina.

Pop: Adultos de 18 a 55 anos, que reside nesta comunidade há mais de 05 anos. O recrutamento se dará realizado baseado no patrimônio familiar.

In: Menores de 18 anos.

R: Não há riscos para a comunidade e nem para os indivíduos.

B: Não há benefícios para o sujeito e/ou para a comunidade: Há benefício para a comunidade e o meio ambiente.

Consentimento Livre e Pré – Esclarecido: Utiliza termos simples para tal população. Contém justificativa, procedimentos são relatados. Os riscos e os benefícios estão explicitados. Está clara a participação do indivíduo. A confidencialidade das informações colhidas e privacidade dos dados, o sigilo e o anonimato estão assegurados. O endereço e telefone ou forma de contatar os investigadores estão fornecidos para contato com Comitê de Ética.

Conclusão: O projeto está bem fundamentado e dentro dos padrões éticos. Protocolo aprovado.

Salvador, 03 de Novembro de 2011.



APÊNDICE 1

Concentrações médias ($\mu\text{g g}^{-1}$ de peso úmido), dos metais pesados para cada espécie.

Metal	Período	Crustáceos						Peixes						Moluscos			
		Camarão		Siri		Miroró		Pititinga		Ostra		Sururu		Ostra		Sururu	
		Média	Desv P	Média	Desv P	Média	Desv P	Média	Desv P	Média	Desv P	Média	Desv P	Média	Desv P	Média	Desv P
Cd	nov/13	0,002	0,0002	0,007	0,001	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	1,194	0,120	0,079	0,010		
	jan/14	0,001	0,0004	0,009	0,001	0,0004	0,001	<0,001	-	<0,001	-	0,430	0,053	0,045	0,0004		
	mar/14	0,002	0,001	0,020	0,002	<0,001	-	0,001	0,0004	0,001	0,0004	0,690	0,056	0,101	0,003		
	mai/14	0,003	0,001	0,012	0,001	0,001	0,0001	0,001	0,0003	0,001	0,0003	0,812	0,055	0,146	0,003		
	jul/14	0,004	0,001	0,008	0,001	<0,001	-	<0,001	-	<0,001	-	0,468	0,033	<0,001	-		
	set/14	0,003	0,001	0,013	0,003	<0,001	-	<0,001	-	0,0004	0,0005	0,880	0,034	0,057	0,002		
Pb	nov/13	0,036	0,004	<0,03	-	0,030	0,001	0,027	0,001	0,011	0,003	0,094	0,008	0,147	0,006		
	jan/14	0,017	0,009	0,001	0,002	0,027	0,001	0,033	0,004	0,007	0,004	0,042	0,005	0,140	0,009		
	mar/14	0,010	0,006	<0,03	-	0,033	0,004	0,044	0,003	0,015	0,009	0,082	0,003	0,143	0,009		
	mai/14	0,017	0,003	<0,03	-	0,044	0,003	0,029	0,010	0,009	0,005	0,106	0,010	0,197	0,013		
	jul/14	0,020	0,011	0,012	0,010	0,029	0,010	0,037	0,007	0,007	0,001	0,080	0,007	0,127	0,026		
	set/14	0,023	0,002	0,001	0,001	0,037	0,007	0,024	0,004	0,007	0,003	0,049	0,003	0,122	0,009		
Hg	nov/13	0,034	0,002	0,063	0,005	0,024	0,004	0,027	0,001	0,034	0,002	0,048	0,004	0,048	0,002		
	jan/14	0,044	0,006	0,080	0,001	0,027	0,001	0,027	0,001	0,044	0,001	0,048	0,001	0,049	0,002		
	mar/14	0,046	0,012	0,111	0,013	0,027	0,001	0,038	0,009	0,029	0,001	0,042	0,003	0,046	0,001		
	mai/14	0,035	0,012	0,089	0,011	0,038	0,009	0,034	0,003	0,027	0,007	0,037	0,005	0,058	0,004		
	jul/14	0,021	0,003	0,055	0,002	0,034	0,003	0,017	0,003	0,028	0,002	0,028	0,001	0,037	0,014		
	set/14	0,023	0,003	0,058	0,010	0,017	0,003	0,019	0,000	0,019	0,000	0,034	0,002	0,046	0,006		

APENDICE 2

Parâmetros para cálculo do QR da comunidade de Santa Luzia.

Nº	ED (anos)	W _{Ad} (kg)	EF (dias)	Pção Px (g)	Pção Mol (g)	Pção Cr (g)	CAnPx (g)	CAnMo (g)	CAnCr (g)	ConsAnPesc (g)	Cons Pesc (kg/lano)	DI (g/dia)	QR Cd	QR Pb	QR Hg	TQR	RISCI
1	27	67,70	7	100	86	100	100	430	100	630	0,63	1,73	0,012	0,002	0,000	0,013	Negligen
2	63	56,20	2	100	0	0	200	0	0	200	0,2	0,55	0,004	0,0004	0,000	0,005	Negligen
3	39	78,70	204	100	86	100	15600	2064	2400	20064	20,064	54,97	0,317	0,050	0,000	0,368	Negligen
4	48	118,80	13	100	86	100	700	258	300	1258	1,258	3,45	0,013	0,002	0,000	0,015	Negligen
5	43	71,10	96	100	86	100	7200	1032	1200	9432	9,432	25,84	0,165	0,026	0,000	0,191	Negligen
6	51	91,30	128	100	86	100	10400	1032	1200	12632	12,632	34,61	0,172	0,027	0,000	0,199	Negligen
7	57	84,30	364	100	86	100	15600	8944	10400	34944	34,944	95,74	0,516	0,081	0,000	0,596	Negligen
8	22	76,00	260	100	86	100	10400	8944	5200	24544	24,544	67,24	0,402	0,063	0,000	0,465	Negligen
9	26	87,00	15	100	0	100	1200	0	300	1500	1,5	4,11	0,021	0,001	0,000	0,022	Negligen
10	65	82,30	12	100	0	0	1200	0	0	1200	1,2	3,29	0,018	0,000	0,000	0,019	Negligen
11	16	70,20	52	0	86	100	0	4472	0	4472	4,472	12,25	0,079	0,012	0,000	0,092	Negligen
12	50	78,70	676	100	86	100	26000	22360	15600	63960	63,96	175,23	1,011	0,086	0,000	1,097	Baixo
13	23	81,60	272	100	86	100	1200	13416	10400	25016	25,016	68,54	0,381	0,060	0,000	0,441	Negligen
14	13	116,00	313	100	86	100	100	13416	15600	29116	29,116	79,77	0,312	0,049	0,000	0,361	Negligen
15	22	65,70	2190	100	86	100	73000	62780	73000	208780	208,78	572,00	3,953	0,337	0,000	4,290	Baixo
16	15	44,50	84	100	86	100	2400	2064	3600	8064	8,064	22,09	0,225	0,036	0,000	0,261	Negligen
17	13	56,10	468	100	86	100	15600	13416	15600	44616	44,616	122,24	0,989	0,084	0,000	1,074	Baixo
18	28	52,10	104	100	0	0	10400	0	0	10400	10,4	28,49	0,248	0,006	0,000	0,254	Negligen
19	65	51,30	57	100	0	100	5200	0	500	5700	5,7	15,62	0,138	0,003	0,000	0,142	Negligen
20	17	60,20	440	100	86	100	20800	17888	2400	41088	41,088	112,57	0,849	0,072	0,000	0,921	Negligen
21	41	101,90	105	100	86	0	10400	86	0	10486	10,486	28,73	0,128	0,020	0,000	0,148	Negligen
22	20	58,30	36	100	86	100	1200	1032	1200	3432	3,432	9,40	0,073	0,012	0,000	0,085	Negligen
23	54	68,60	440	100	86	100	20800	17888	2400	41088	41,088	112,57	0,745	0,119	0,000	0,864	Negligen
24	34	71,10	72	100	86	100	3600	1032	2400	7032	7,032	19,27	0,123	0,020	0,000	0,143	Negligen
25	33	81,00	104	100	0	0	10400	0	0	10400	10,4	28,49	0,160	0,004	0,000	0,164	Negligen
26	20	86,80	156	100	86	100	5200	4472	5200	14872	14,872	40,75	0,213	0,033	0,000	0,247	Negligen

Nº	ED (anos)	W _{AS} (kg)	EF (dias)	P _ç ão P _x (g)	P _ç ão Mol (g)	P _ç ão Cr (g)	CANP _x (g)	CANMo (g)	CANCr (g)	ConsAnPesc (g)	Cons Pesc (kg/ano)	DI (g/dia)	QR Cd	QR Pb	QR Hg	TOR	RISCI
27	52	60,80	36	100	86	100	1200	1032	1200	3432	3,432	9,40	0,070	0,011	0,000	0,081	Negligen
28	29	52,50	208	100	86	100	10400	4472	5200	20072	20,072	54,99	0,476	0,000	0,000	0,476	Negligen
29	35	93,90	12	0	86	0	0	1032	0	1032	1,032	2,83	0,014	0,001	0,000	0,015	Negligen
30	36	59,10	214	100	86	100	20800	258	300	21358	21,358	58,52	0,450	0,038	0,000	0,488	Negligen
31	53	44,20	66	100	86	100	5200	172	1200	6572	6,572	18,01	0,185	0,029	0,000	0,214	Negligen
32	40	70,00	53	100	0	100	5200	0	100	5300	5,3	14,52	0,094	0,002	0,000	0,096	Negligen
33	18	59,20	105	100	86	100	5200	4472	100	9772	9,772	26,77	0,205	0,033	0,000	0,238	Negligen
34	19	43,20	59	100	86	100	5200	430	200	5830	5,83	15,97	0,313	0,027	0,000	0,340	Negligen
35	35	82,80	730	100	0	0	73000	0	0	73000	73	200,00	1,097	0,027	0,000	1,123	Negligen
36	65	60,50	168	100	86	100	10400	1032	5200	16632	16,632	45,57	0,629	0,029	0,000	0,658	Negligen
37	18	86,00	364	100	86	100	5200	13416	15600	34216	34,216	93,74	0,495	0,042	0,000	0,537	Negligen
38	18	51,50	36	100	86	100	1200	1032	1200	3432	3,432	9,40	0,155	0,013	0,000	0,168	Negligen
39	28	71,80	176	100	86	100	10400	4128	2400	16928	16,928	46,38	0,547	0,047	0,000	0,593	Negligen
40	41	86,20	128	100	86	0	10400	2064	0	12464	12,464	34,15	0,177	0,015	0,000	0,192	Negligen
41	26	83,80	260	100	0	100	15600	0	10400	26000	26	71,23	0,001	0,009	0,000	0,010	Negligen
42	23	70,80	364	100	86	100	10400	13416	10400	34216	34,216	93,74	0,601	0,094	0,000	0,695	Negligen
43	34	59,20	424	100	86	100	15600	5160	20800	41560	41,56	113,86	0,873	0,075	0,000	0,948	Negligen
44	15	54,30	180	100	86	100	10400	2064	5200	17664	17,664	48,39	0,744	0,063	0,000	0,807	Negligen
45	43	66,70	468	100	86	100	15600	17888	10400	43888	43,888	120,24	0,818	0,070	0,000	0,888	Negligen
46	24	82,00	152	100	86	100	10400	2064	2400	14864	14,864	40,72	0,420	0,036	0,000	0,456	Negligen
47	65	47,40	208	100	86	0	10400	8944	0	19344	19,344	53,00	0,508	0,080	0,000	0,587	Negligen
48	50	80,30	72	100	86	0	4800	2064	0	6864	6,864	18,81	0,196	0,017	0,000	0,212	Negligen
49	26	121,90	36	100	86	100	1200	1032	1200	3432	3,432	9,40	0,065	0,006	0,000	0,071	Negligen
50	45	63,70	208	100	86	100	10400	4472	5200	20072	20,072	54,99	0,721	0,061	0,000	0,782	Negligen
51	48	46,30	2972	100	86	100	146000	125560	5200	276760	276,76	758,25	7,435	0,635	0,000	8,070	Baixo
52	49	60,10	260	100	86	100	10400	13416	0	23816	23,816	65,25	0,485	0,042	0,000	0,527	Negligen
53	18	64,40	128	100	86	100	2400	4472	5200	12072	12,072	33,07	0,230	0,020	0,000	0,249	Negligen
54	31	77,70	156	100	0	0	15600	0	0	15600	15,6	42,74	0,001	0,006	0,000	0,007	Negligen
55	24	72,60	2	100	0	0	100	0	100	200	0,2	0,55	0,003	0,0003	0,000	0,004	Negligen