

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOQUÍMICA: PETRÓLEO
E MEIO AMBIENTE**

JACIARA BARBOSA DOURADO

**ELEMENTOS TRAÇO EM SEDIMENTOS E *Anomalocardia brasiliiana*
(GMELIN, 1791) EM ÁREA SOB INFLUÊNCIA DE
CARCINICULTURA, SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA**

SALVADOR
2013

JACIARA BARBOSA DOURADO

ELEMENTOS TRAÇO EM SEDIMENTOS E *Anomalocardia brasiliiana* (GMELIN, 1791) EM ÁREA SOB INFLUÊNCIA DE CARCINICULTURA, SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente, na Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geoquímica do Petróleo e Ambiental.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Gisele Mara Hadlich

SALVADOR
2013

ELEMENTOS TRAÇO EM SEDIMENTOS E EM ANOMALOCARDIA BRASILIANA (GMELIN, 1791) EM ÁREA SOB INFLUÊNCIA DE CARCINICULTURA, SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA.

por

Jaciara Barbosa Dourado

(Licenciatura em Ciências Biológica, Universidade Católica do Salvador – UCSal- 1992, Salvador - BA)

Orientadora: Profa. Dra. Gisele Mara Hadlich

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

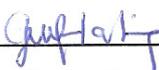
Submetida em satisfação parcial dos requisitos do grau de

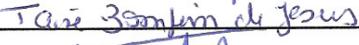
MESTRE EM GEOQUÍMICA DO PETRÓLEO E AMBIENTAL

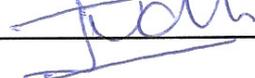
À Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal da Bahia

APROVAÇÃO

BANCA EXAMINADORA







Profa. Dra. Gisele Mara Hadlich (UFBA)

Profa. Dra. Taíse Bonfim de Jesus (UEFS)

Prof. Dr. José Martin Ucha (IFBA)

Data da Defesa Pública: 27/03/2013

**SALVADOR-BAHIA
MARÇO/2013**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Jeová Deus, que está sempre presente na minha vida, guiando cada passo que dou e me dando saúde para que eu possa realizar meus objetivos e seguir sempre em frente.

Sou eternamente grata à minha família, meus pais José Francisco Dourado e Guiomar Barbosa Dourado, aos meus irmãos Gilvã Barbosa Dourado, Jussara Barbosa Dourado e principalmente ao Gilson Barbosa Dourado por ter me ajudado em toda a parte estatística deste trabalho, aos meus sobrinhos e cunhadas, a todos que apoiaram e que sempre estiveram ao meu lado, dando-me força para que eu pudesse chegar até aqui. Obrigada por ser meu porto seguro e simplesmente por existirem em minha vida.

Agradeço de coração à minha orientadora querida e amiga Prof^a. Dra. Gisele Mara Hadlich, que desempenhou seu papel da melhor forma possível, corrigindo meus erros e elogiando meus acertos, fazendo que o trabalho fosse feito com qualidade. Seus conhecimentos e capacidade foram fundamentais para a produção desta pesquisa.

Agradeço à toda equipe de Professores do Mestrado em Geoquímica - Petróleo e Meio Ambiente – UFBA e do laboratório NEA/UFBA, principalmente à Gisele, Jorginho, Daniela e Karina. Agradeço também ao laboratório do LEMA (Laboratório de Estudos Ambientais) da Universidade Católica do Salvador e ao laboratório do grupo de Pesquisa em Química e Quimiometria do Instituto de Química da UFBA. Obrigada a todos pela atenção, carinho e todo o conhecimento que contribuíram para o meu aprimoramento científico.

Agradeço à Luana e à Monique, minhas queridas da iniciação científica, que me ajudaram demais nessa caminhada, sem elas não conseguiria terminar toda essa pesquisa (coletas, análises...). Agradeço às marisqueiras de Salinas da Margarida-BA que muito contribuíram para a realização deste trabalho, principalmente Cristiane “Kiu”, e ao Prof. Dr. José Martin Ucha pelo apoio em diferentes etapas desta pesquisa.

Agradeço à Maricultura Valença da Bahia, em Salinas da Margarida, em nome do Zootecnista Edison Cláudio Silva, Gerente desta unidade de produção, que permitiu o acesso aos tanques de carcinicultura pesquisados.

Agradeço ao meu amigo de luta, desde a pós-graduação em 2006, que resultou em um projeto que idealizamos e participamos – BENEFICIAR pela FAPESB, que me deu conhecimento para fazer este trabalho, Luís Alberto Adorno. Ao professor Antônio Puentes/UFBA que foi o coordenador do projeto e me incentivou a fazer o mestrado.

Agradeço a todos os meus amigos e colegas do mestrado, principalmente Ketlyn, Fabiany e Leila por tudo, não dá para descrever o que foram e o que representam para mim.

Não posso esquecer-me de agradecer à Secretária de Educação do Estado da Bahia - SEC por ter concedido minha liberação da escola onde leciono para fazer o mestrado, e ao meu Diretor Ricardo que me ajudou muito para eu conseguir esta licença.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para o desfecho deste trabalho.

Dedico este trabalho aos meus pais,
José e Guiomar.

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo geral determinar a distribuição da concentração de elementos traço em sedimento e em moluscos bivalves (*Anomalocardia brasiliiana* - Gmelin, 1791) oriundos de áreas sob influência de atividades de carcinicultura, bem como verificar as características bióticas dos moluscos. A carcinicultura marinha (cultivo de camarão) tem sido um dos setores da aquicultura de mais rápido crescimento na Ásia e na América Latina. Essa expansão tem sido acompanhada por crescentes preocupações sobre impactos ambientais relacionados à atividade, incluindo contaminação ambiental por elementos traço. A maior parte dos elementos traço encontrados em viveiros de aquicultura encontra-se sob forma iônica ou agregada a sedimentos; esses elementos podem ser liberados para o ambiente próximo, sobretudo no período da despesca. Há vários estudos do monitoramento da concentração de elementos traço em áreas litorâneas utilizando moluscos bivalves como *A. brasiliiana*; esses organismos podem assimilar elementos traço através do contato direto com o compartimento contaminado e através das relações tróficas existentes no ecossistema. O município de Salinas da Margarida, Bahia, local escolhido para o estudo, possui áreas de carcinicultura e muitos habitantes desenvolvem suas atividades econômicas voltadas para a mariscação de *A. brasiliiana*. Para atingir o objetivo, foram realizadas duas coletas de moluscos e sedimentos, uma após período chuvoso (ago/2011) e outra após período de menor precipitação (período “seco”, mar/2012). Foram analisadas: 1) características bióticas e químicas do molusco; 2) a presença de macronutrientes e de elementos traço em sedimentos em que os moluscos se desenvolvem e 3) em sedimentos de tanques de carcinicultura que se localizam próximo ao local de coleta dos mariscos. Especificamente, foram analisados: A) nos moluscos - contagem dos indivíduos; biometria de, pelo menos, 30 indivíduos por ponto; pesagem da massa úmida (sem casca), pesagem da casca, pesagem da massa seca após a liofilização; análise de elementos (Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Ni, Ba, Fe, Cd, V); B) nos sedimentos dos bancos de areia e dos tanques de carcinicultura: granulometria, determinação de elementos traço (Cu, Cr, Co, Mn, Pb, Zn, Ni, Fe, Cd, V, Ba), análise de nutrientes (N, P, K) e matéria orgânica (M.O.). Análises estatísticas foram realizadas. Foram observadas diferenças significativas nas análises biométricas (altura, comprimento, largura) dos moluscos coletados de acordo com os períodos analisados. Quanto à quantidade coletada em cada ponto e densidade populacional, há uma variação muito elevada em cada período. Deve ser levado em consideração o local amostrado que é de intensa exploração extrativista, sobretudo no período seco. As concentrações dos elementos traço encontrados nos sedimentos estão, exceto para o Cr, abaixo dos valores do limiar da menor probabilidade de efeitos adversos à biota, de acordo com a legislação a que foram comparados e considerando o peso úmido. Os moluscos *A. brasiliiana* acumularam elementos traços em uma mesma ordem de bioacumulação no período chuvoso e seco: $Zn > Cd > Cu > Ni > Mn$. No período chuvoso ocorreu maior bioacumulação dos elementos Zn, Cu, Ni e Cd do que o período seco. A distribuição dos moluscos está relacionada à distribuição de M.O. e nutrientes no período seco. Para o período chuvoso não foi encontrada relação com os fatores abióticos.

Palavra-chave: elementos traço, sedimento, carcinicultura, *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791),

ABSTRACT

This research aims to evaluate the trace elements concentrations in sediments and *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) collected near shrimp farming areas, as well as check some biotic characteristics of the mollusks. The shrimp farming has been one of the sectors of aquaculture with the fastest grow in Asia and Latin America. This expansion has been accompanied by impacts related to its development, including environmental contamination by trace elements. Most of the trace elements found in aquaculture ponds are under ionic form or aggregate to the sediments. These elements can be released into the immediate environment. There are several studies monitoring the concentration of trace elements in coastal areas using the shellfish *A. brasiliiana*. These organisms can assimilate trace elements through direct contact with contaminated sediments and through the trophic relations existing in the ecosystem. The municipality of Salinas da Margarida, Bahia State, is a site with shrimp farming areas and many people developing their economic activities focused on extraction of *A. brasiliiana*. In the Madero locality samples of mollusks and sediments were collected in two seasons: one after the rainy season (Aug/2011) and one after the season with less rain ("dry" season, Mar/2012). There were analyzed: 1) biotic and chemical characteristics of the mollusk, 2) the presence of nutrients and trace elements in sediments from the sandbars in which the clams grow and 3) in sediments of shrimp ponds that are located near the site of mollusk extraction. There were analyzed: [A] the mollusks - count of individuals; biometric of at least 30 specimens per point; weighing the wet weight (without shell) and the dry weight after liofilization; chemical elements (Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Ni, Ba, Fe, Cd, V); [B] in sediments of sandbars and shrimp ponds: granulometry; trace elements (Cu, Cr, Co, Mn, Pb, Zn, Ni, Fe, Cd, V, Ba); nutrients (N, P, K); and organic matter (OM). Statistical analyzes were performed. The biometric analysis (height, length, and width clam) show significant differences between the two seasons. Regarding the amount collected at each point and population density, there is a very high variation in each season. It should be taken into account that the site where de mollusks were collected has an intense extractive exploitation, especially in the dry season. The concentrations of trace elements found in the sediments are, except for the Cr, below the threshold values the lower probability of adverse effects on biota, in accordance with the rules that were compared and considering the wet weight. *A. brasiliiana* accumulated trace elements in the same order of bioaccumulation in the two seasons: Zn > Cd > Cu > Ni > Mn. In the rainy season the bioaccumulation of the elements Zn, Cu, Ni and Cd was higher than in the dry period. The distribution of mollusks is related to the distribution of MO and nutrients in the dry season. For the rainy season there was no relationship with abiotic factors.

Keyword: trace elements, sediment, shrimp aquaculture, *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791).

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	ELEMENTOS TRAÇO EM AMBIENTES AQUÁTICOS E SEDIMENTOS	12
1.2	CARCINICULTURA E SEUS IMPACTOS	13
1.3	<i>Anomalocardia brasiliiana</i> , BIOLOGIA E A BIOACUMULAÇÃO.....	16
1.4	O MUNICÍPIO DE SALINAS DA MARGARIDA E A CARCINICULTURA.....	19
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
2.1	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.2	TRABALHO EM CAMPO	23
2.3	ANÁLISES LABORATORIAIS.....	28
2.3.1	Moluscos.....	29
2.3.2	Sedimentos	30
2.3.3	Análise de metais traço nos sedimentos e moluscos	30
2.4	ANÁLISE, DISCUSSÃO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	33
3	ANALISE BIOMÉTRICA E POPULACIONAL DO MOLUSCO <i>A.brasiliiana</i> E SUA RELAÇÃO COM PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS EM SEDIMENTOS NO MUNICÍPIO DE SALINAS DA MARGARIDA.....	35
3.1	INTRODUÇÃO.....	35
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
3.4	CONCLUSÕES.....	47
3.5	REFERÊNCIAS	48
4	ELEMENTOS TRAÇOS EM SEDIMENTOS DE TANQUES DE CARCINICULTURA E EM ÁREAS ADJACENTES: O CASO DE SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA	
4.1	INTRODUÇÃO.....	51
4.2	MATERIAS E MÉTODOS.....	54

4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.4	CONCLUSÃO.....	60
4.5	REFERÊNCIAS	61
5	BIOACUMULAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇOS NOS MOLUSCOS <i>Anomalocardia brasiliana</i> EM ÁREA SOB INFLUÊNCIA DE EFLUENTES DA CARCINICULTURA	64
5.1	INTRODUÇÃO.....	64
5.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	66
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
5.4	CONCLUSÃO.....	72
5.3	REFERÊNCIAS	73
6	ELEMENTOS TRAÇOS EM ANOMALOCARDIA BRASILIANA (GMELIN, 1971) E QUALIDADE DO ALIMENTO EM ÁREA SOB INFLUÊNCIA DE CARCINICULTURA, MUNICÍPIO DE SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA. 76	
6.1	INTRODUÇÃO.....	76
6.1.1	A área de estudo e a carcinicultura.....	79
6.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	80
6.3	RESULTADOS	83
6.4	CONCLUSÃO.....	86
6.5	REFERÊNCIAS	86
7	CONCLUSÕES.....	91
	REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

A carcinicultura, ou cultivo de camarão, tem sido um dos setores da aquicultura de mais rápido crescimento na Ásia, América Latina e recentemente na África. Nos últimos dez anos, a aquicultura apresentou crescimento superior a qualquer outro segmento de produção animal com incremento médio anual de 6,5%, em termos mundiais e de 10,8% no Brasil (ORGANIZAÇÃO..., 2011). A rápida expansão da carcinicultura proporcionou a geração de divisas substanciais para muitos países; entretanto, tem sido acompanhada por crescentes preocupações sobre impactos ambientais relacionados ao seu desenvolvimento (ORGANIZAÇÃO..., 2006).

Os principais impactos causados pela carcinicultura estão relacionados com a construção de viveiros e o lançamento de efluentes no estuário. Em muitos casos ocorrem à remoção do manguezal, a diminuição local de larvas e organismos jovens (como crustáceos e moluscos) e o desenvolvimento de sedimentos ácidos ricos em sulfatos, que se desenvolvem quando sedimentos alagados ricos em matéria orgânica são expostos ao ar ou à água bem oxigenada (PÁEZ-OSUNA, 2001; FERNANDES, 2007).

O excessivo e contínuo processo de descarga resultante da renovação da água, praticada nas fazendas de carcinicultura pode gerar problemas ao meio adjacente, como a contaminação de elementos traços (Cu, Zn, Pb) oriundos da alimentação artificial (rações) presente como resíduo em fertilizantes, pesticidas e como componentes de algicidas (SANTOS, 2005; BARROS, 2006). A maior parte dos elementos traço detectada em viveiros de aquicultura está sob forma iônica ou agregada a sedimentos (CUNHA, 2006). Os sedimentos têm sido considerados como um compartimento de acumulação de poluentes a partir da coluna d'água, devido às altas capacidades de sorção, adsorção e complexação, apresentando grande capacidade de acumulação associadas (MARINS, 2003; JESUS et al., 2004; LACERDA, 2006).

Há vários estudos do monitoramento da concentração de elementos traço em sedimentos marinhos utilizando organismos vivos como os moluscos bivalves (COIMBRA, 2003; EMERENCIANO et al., 2008; JESUS et al., 2008; JESUS, 2011). Esses organismos podem assimilar esses elementos através do contato direto com o compartimento contaminado e através das relações tróficas existentes no ecossistema, ou seja, eles podem acumular contaminantes oriundos dos diferentes compartimentos ambientais: dissolvidos na água, associados ao material particulado em suspensão ou incorporados aos sedimentos. São,

portanto, bioindicadores de poluição por elementos traços por concentrarem estes elementos nos seus tecidos, além de reunirem as características de um bom monitor biológico (TORRES, 2009). Considerando que os organismos aquáticos podem acumular elementos traço e contaminantes orgânicos em seus tecidos, mesmo quando a água possui níveis desses compostos abaixo da concentração máxima tolerada pela legislação, há riscos de contaminação na cadeia trófica (BARROS, 2006).

Dentre as espécies amplamente encontradas ao longo do litoral brasileiro, a *A. brasiliana* (Gmelin, 1791), popularmente designada chumbinho, papa-fumo, berbigão ou vôngole, vem sendo utilizada em estudos de biomonitoramento devido à sua importância na cadeia alimentar dos ecossistemas estuarinos, além de ser uma fonte de renda e de alimentação para as populações que habitam a zona costeira (MOUËZA et al., 1999; COIMBRA 2003; JESUS, 2011).

Estes moluscos são sésseis, filtradores, de fácil coleta, possuem vasta distribuição, estão presentes ao longo de todo o ano e respondem rapidamente às variações das concentrações de elementos traço biodisponível no meio (REZENDE et al., 1986; SILVA et al., 2001).

O município de Salinas da Margarida, escolhido para a realização deste trabalho, localiza-se na porção oeste da Baía de Todos os Santos- BTS, próximo ao estuário do Rio Paraguaçu. Muitos habitantes desenvolvem suas atividades econômicas voltadas para a mariscagem da *A. brasiliana*, sua principal fonte de renda (COPQUE, 2009). Na costa leste do município encontravam-se áreas utilizadas para uma das principais atividades econômicas do município, antigas salinas – produção de sal que, após um longo período de abandono, foram substituídas por atividades de criação de camarão marinho, a carcinicultura (COPQUE, 2010). Além disso, observa-se no município que houve ampliação da carcinicultura para além das áreas inicialmente ocupadas pelas salinas.

O avanço da carcinicultura em um local de intensa mariscagem e a constatação de que a criação de camarões pode gerar impactos ambientais, conforme constatado por diversos autores em diferentes regiões do Brasil (PÁEZ-OSUNA, 2001; FIGUEREDO et al., 2005; BARROS, 2006; CUNHA, 2010) ou do mundo (GOSAVI et al., 2004; SAMOCHA et al., 2004; LEMONNIER et al., 2006; MARCHAND et al., 2011), motivou o presente trabalho.

O objetivo geral da pesquisa foi determinar a distribuição da concentração de elementos traço em sedimentos e em *Anomalocardia brasiliana* oriundos de áreas sob influência de atividades de carcinicultura, bem como verificar as características bióticas desses moluscos.

Foram objetivos específicos:

- verificar as características biométricas e a densidade populacional de *A. brasiliiana* após período anual de maior precipitação (período chuvoso) e após período de menor precipitação (período seco) na região;
- quantificar a concentração de elementos traço em moluscos e comparar com a legislação vigente;
- quantificar as concentrações de elementos traço em sedimentos dos tanques de carcinicultura e fora dele bem como suas características físicas;
- determinar se o processo de bioacumulação de elementos traço (Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Ni, Ba, Fe, Cd, V) por esses moluscos reflete diferenças de concentrações no sedimento em área sob influência de efluentes da carcinicultura.

A seguir serão apresentados alguns pontos importantes que subsidiaram a pesquisa.

1.1 ELEMENTOS TRAÇO EM AMBIENTES AQUÁTICOS E SEDIMENTOS

Elementos traço são elementos químicos que ocorrem no ambiente em pequenas concentrações, na ordem de partes por bilhão a partes por milhão como (Zn, Cu, Mn, Cd, Cr, Ni, Pb dentre outros). Distribuem-se amplamente nos sistemas aquáticos, em forma de solução, compondo minerais ou ainda adsorvidos a partículas orgânicas e inorgânicas (e.g., ácidos húmicos e argilas), acumulando-se diretamente nos sedimentos de fundo e/ou entrando na cadeia alimentar pelos organismos filtradores e detritívoros (EVANS et al., 2003).

A descarga de elementos traço em ambientes aquáticos está sujeita a diversas interações que podem levar a inúmeras respostas físicas, químicas e biológicas. A interação destes elementos pode se dar através da formação de complexos ou da sua permanência sob a forma dissolvida, podendo, assim, se unir a partículas inorgânicas ou orgânicas por meio de adsorção; pode ocorrer ainda a assimilação por microrganismos. A partir destas interações, o elemento-traço pode sofrer precipitação e/ou sedimentação no fundo do corpo d'água, retornando à forma dissolvida por meio da mineralização, dessorção ou ressolubilização. (GUIMARÃES GUILHERME et al., 2005; OLIVEIRA, 2006).

Apesar de alguns elementos traço serem essenciais aos seres vivos como Mg, Fe, Zn, Cu, Co, B, em altas concentrações podem ser tóxicos (REINFELDER et al., 1998). A toxicidade de um elemento é determinada por sua forma de ligação específica (elementos presentes nas frações trocáveis, associada a carbonatos, à matéria orgânica, a óxidos,

hidróxidos, sulfetos, ou presente na estrutura mineral) e não somente de sua taxa de acumulação nos sedimentos. Portanto, é possível o sedimento estar contaminado por um metal (com concentração maior que o natural), mas não apresentar efeito tóxico, o que depende da disponibilidade do metal no sedimento (OLIVEIRA, 2006; PEREIRA et al., 2007).

A disponibilidade dos elementos traço nos sedimentos depende da interação ligante/suporte. Como exemplo de importantes suportes geoquímicos há os óxidos de Fe, de Mn, matéria orgânica (ácidos húmicos) e sulfetos metálicos (JESUS et al., 2004).

Estudos mostram que a distribuição dos elementos traço em sedimentos está relacionada à granulometria, sobretudo às partículas mais finas (com diâmetro inferior a 4 µm, chamada fração pelítica ou argila) (PADMALAL et al., 1997; JESUS et al., 2003; JESUS et al., 2004; GARLLIP, 2006; AGUIAR, 2007), à presença de matéria orgânica (AGUIAR, 2007; PEREIRA et al. 2007; de OLIVEIRA et al. 2011), ao pH (LEMES, 2001; GARLLIP, 2006; de OLIVEIRA et al. 2011), dentre outros.

1.2 CARCINICULTURA E IMPACTOS AMBIENTAIS

A carcinicultura marinha vem crescendo bastante nas últimas décadas, atraída pela demanda dos principais mercados, como o Europeu, o Japonês e dos EUA (ORGANIZAÇÃO..., 2006, ASSOCIAÇÃO..., 2011). A grande lucratividade dessa atividade atraiu investimentos para seu desenvolvimento, em especial nos países em desenvolvimento da Ásia e América Latina, onde atualmente se concentra a maior parte da produção mundial de camarão marinho cultivado (AMORIM, 2009).

Nos últimos anos a carcinicultura apresentou um alto crescimento: a produção mundial registrada em 1982 foi de 84.000 t., já em 2011 atingiu a cifra dos 3,5 milhões t. O Brasil, 3º maior produtor da América latina, produziu 80.000 t (ASSOCIAÇÃO..., 2012; ORGANIZAÇÃO..., 2012). No país, a carcinicultura marinha para a produção comercial teve início em 1978, porém somente na década de 90 deu-se a expansão da carcinicultura com o domínio do ciclo de reprodução pelos laboratórios nacionais da espécie *Litopenaeus vannamei*, conhecido como “Camarão Branco do Pacífico” ou “Camarão Cinza”. Essa espécie demonstrou alta adaptabilidade às condições climáticas brasileiras devido à sua rusticidade, rapidez no crescimento, ampla faixa de tolerância à salinidade, e à sua capacidade em aproveitar dietas com níveis proteicos variando de 20% a 40% (MAIA, 2004; FROTA, 2005).

No nordeste a carcinicultura marinha é uma das atividades do agronegócio brasileiro que mais cresceram, destacando-se como Estados produtores Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Bahia. As fazendas de camarão são preferencialmente alocadas em estuários e áreas de manguezal, que oferecem as condições ambientais ideais para este sistema de produção, no qual o uso intensivo dos recursos hídricos é um fator decisivo (MELLO, 2007).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (CONSELHO..., 2002), diversos impactos podem ser causados pela implantação de fazendas de camarão, tais como a degradação do ecossistema e da paisagem, perda da cobertura vegetal, redução da capacidade assimilativa de impactos futuros, redução de áreas propícias à presença de espécies em extinção, alteração da função de filtro biológico, alterações físico-químicas e biológicas de corpos receptores de efluentes, impactos sobre o aquífero e consequente aumento da salinidade (hipersalinidade).

Especificamente em relação aos efluentes produzidos pela carcinicultura, o seu lançamento pelas fazendas de camarão pode exceder a capacidade assimilativa do corpo receptor, resultando em comprometimento da qualidade da água para uso na área circunvizinha, inclusive para o uso na própria fazenda (AZEVEDO, 2006). O lançamento de efluentes não tratados ricos em nutrientes (nitrogênio e fósforo), bactérias, clorofila-*a* e sólidos em suspensão, oriundos das fezes e da ração (rica em fertilizantes empregados para estimular a multiplicação do fitoplâncton e de metabolitos produzidos pelo camarão) que não é consumida pode levar à deterioração das águas descartadas no corpo receptor. Isto pode provocar diminuição do oxigênio e da penetração da luz, consequente eutrofização e mudanças na macrofauna bentônica, a depender do estuário (BOYD, 2000; PÁEZ-OSUNA, 2001; NUNES, 2002; FERNANDES, 2007).

O avanço da carcinicultura geralmente implica em modificações da estrutura e dinâmica do ecossistema local. Figueiredo e colaboradores (2005) concluíram, nos estudos realizados no Rio Jaguaribe (Estado do Ceará), que os impactos ambientais do lançamento de efluentes contínuos e da despesca da carcinicultura podem elevar o pH, turbidez, sólidos suspensos, condutividade elétrica, fósforo total, clorofila *a*, DBO, amônia total e alcalinidade total no corpo receptor. Alguns desses fatores podem representar alta carga de poluição para os recursos hídricos superficiais. Em sedimentos superficiais receptores de efluentes de carcinicultura no canal do Cumbe e no canal de maré do rio Pacoti, Ceará, os resultados da percentagem da biodisponibilidade para a concentração do Cu foram mais elevadas no canal do Cumbe, onde foram registrados os maiores valores de oxigênio percentual e intensiva atividade fitoplanctônica, provavelmente associados às concentrações elevadas de nutrientes e

de microorganismos oriundos dos efluentes da carcinicultura. O Pb apresentou maior biodisponibilidade no canal do rio Pacoti, sugerindo que a entrada do Pb nesse sistema esteja relacionada com a entrada de água marinha (TORRES, 2009).

Também no Ceará (estuário inferior do rio Jaguaribe), bem como na Bahia (próximo à foz do Rio Pardo), análises de perfis sedimentares comprovaram que, ao longo de vários ciclos reprodutivos da carcinicultura, houve incrementos nas concentrações de Cu e Zn (LOPES, 2006).

Em estudo realizado no rio Ribeira, município de Santa Rita, Paraíba, em tanque de cultivo de camarão, observou-se um maior teor de Cu no sedimento atribuído à influência da fração Cu ligado à matéria orgânica. A troca de Cu entre o sedimento e a solução sobrenadante (coluna d'água) obedece aos produtos de solubilidade do sulfato em meio oxidante, do sulfeto em meio redutor e a água que abastece o viveiro era rica nestas substâncias. Já os valores de Zn foram maiores nas frações ligadas à matéria orgânica e sulfetos, fração residual ou ligadas a minerais, o que pode estar relacionado à quantidade de Zn presente na ração fornecida no sistema de cultivo dos camarões, sendo que a quantidade de Zn nessa ração era superior à de Cu (OLIVEIRA, 2006).

Em uma ração comercial como a (INTEGRALMIX, 2013), os níveis mínimos de alguns elementos, por kg de ração, são: P – 5000 mg; Fe - 16 mg; Cu - 40 mg; Co - 0,24 mg; Mn - 32 mg; Zn - 120 mg e o Cr - 0,64 mg.

Em uma fazenda de carcinicultura no Nordeste do Brasil, os resultados acerca da distribuição de Cu em água, em sedimentos e na biomassa mostraram não haver diferenças na ocorrência desse elemento nas águas afluentes e efluentes da fazenda. Foi verificada elevada concentração deste elemento traço nas áreas associadas ao material em suspensão (importante para a biodisponibilidade dos elementos traço). Nas águas efluentes a concentração de Cu atingiu até $112 \mu\text{g L}^{-1}$; nos sedimentos, as concentrações variaram de 10 a $20 \mu\text{g g}^{-1}$, a depender da profundidade da coluna sedimentar, sendo estes resultados 5 a 7 vezes mais altos que as concentrações naturais dos solos e sedimentos locais. Embora a presença do Cu no cultivo intensivo do *L. vannamei* não represente exposição significativa para os consumidores do camarão, a carcinicultura é fonte importante deste metal para os sistemas aquáticos adjacentes (LACERDA et al., 2009).

Considerando aspectos legais em relação à carcinicultura, as normas brasileiras atuam determinando as Áreas de Preservação Permanente (APP), as regras de utilização da água, da introdução e cuidados de espécies exóticas, do tamanho do empreendimento e tantas outras exigências. A regulamentação do licenciamento para a atividade da carcinicultura veio a se

concretizar com a Resolução n. 312, de 10/10/2012 do CONAMA (CONSELHO..., 2002; AMORIM, 2009). Esta Resolução estabeleceu que todos os empreendimentos de carcinicultura devesse realizar um plano de monitoramento de seus efluentes, que deverá analisar no mínimo os seguintes parâmetros hidrobiológicos com frequência mínima trimestral: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), material em suspensão, transparência, temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido (OD), pH, amônia, nitrito, nitrato, fosfato, silicato, clorofila-*a* e coliformes totais, além da caracterização quali-quantitativa da comunidade fitoplanctônica. Estas análises devem ser realizadas pelo menos uma vez a cada três meses, com um plano de instalação de estações de coleta de água com escala compatível com o empreendimento; ponto de captação; canal de drenagem a 100m à jusante do ponto de lançamento dos efluentes e a 100m à montante do ponto de lançamento dos efluentes e nos viveiros em produção; uma estação de coleta dentro do viveiro para o pequeno produtor; duas para o médio e três para o grande produtor. A Resolução exige, entre outras medidas, a adoção de bacias de sedimentação como etapa intermediária entre a recirculação ou lançamento de águas servidas; estabelece, também, que a água utilizada pelos empreendimentos da carcinicultura retorne ao corpo de água de qualquer classe atendendo às condições definidas pela Resolução CONAMA n. 357/2005 (CUNHA, 2004; CONSELHO..., 2005).

A falta de informações técnicas por parte dos produtores e de seus assistentes, os custos associados ao cumprimento de toda legislação, as dificuldades para se realizar uma eficiente fiscalização por parte dos órgãos ambientais, leva ao não cumprimento da legislação (CUNHA, 2004).

Entende-se, nesse estudo, que as consequências da carcinicultura podem, portanto, ser avaliadas no ambiente, sobretudo através da análise de sedimentos próximos às áreas de carcinicultura e do uso de biomonitores.

1.3 *Anomalocardia brasiliana*, BIOLOGIA E A BIOACUMULAÇÃO

A *Anomalocardia brasiliana* (Figura 1.1), molusco estudado, é uma espécie de bivalve lamelibrânquio, conhecido pelas comunidades litorâneas por diferentes nomes: chumbinho (mais utilizado na BTS e Região Metropolitana de Salvador), berbigão, papa-fumo, vôngole, samanguaiá, maçunim, (NARCHI, 1972), possui concha amarelada com brilho vítreo apresentando frequentemente manchas ou faixas sinuosas cinza-escuras de interior

porcelanoso (BOFFI, 1979). Sua distribuição geográfica abarca desde as Índias ocidentais até o Uruguai, ocorrendo ao longo de toda costa brasileira. Vivem próximo das zonas entre-marés em praias abrigadas, com água calma, sem arrebentação (BOFFI, 1979; RIOS, 1994; AVIEIRO, 2007).

Figura 1.1 - Fotografia de *Anomalocardia brasiliiana*



Esta espécie é dioica, mas não apresenta características morfológicas externas (conchas) ou internas (coloração das gônadas) aparentes ou dimorfismo sexual, sendo necessária a observação microscópica dos gametas ou estudos histológicos para identificação do sexo dos indivíduos (GROTTA et al., 1980). É um bivalve euritérico e eurialino, com grande resistência à deficiência de oxigênio, características essas que facilitam a exploração humana, transporte e comercialização da espécie (SCHAEFFER-NOVELLY, 1976; ARRUDA-SOARES et al., 1982; ARRUDA-SOARES et al., 2002).

As primeiras informações sobre a ecologia de *A. brasiliiana* no Brasil foram obtidas em praias arenosas do litoral norte paulista, onde se verificou a ocorrência de maiores frequências relativas de indivíduos na primavera, com redução significativa no outono. Também foi encontrado um padrão agregado para esta espécie em locais onde as condições ambientais poderiam reduzir a competição com outras espécies (SCHAEFFER-NOVELLI, 1976, 1980).

Em estudo da distribuição de moluscos nas praias de Enseada em Caraguatatuba, Araçá e Barra Velha no canal de São Sebastião/SP, a *A. brasiliiana* revelou distribuição ampla, alcançando as maiores densidades populacional em locais com sedimentos ricos em carbonato de cálcio e matéria orgânica (ARRUDA et al., 2003).

A reprodução da espécie, com a gametogênese, pode ser durante todo o ano, conforme constatado para o Estado da Paraíba, próximo a Linha do Equador (NARCHI, 1976;

GROTTA, 1980 e 1982) ou somente em alguns períodos do ano, como foi contatado para o sul do Brasil, onde a gametogênese, maturação e eliminação dos gametas simultaneamente entre primavera e outono (ARAÚJO, 2001). A maturidade dos indivíduos ocorre quando alcançam 15 mm de largura com a diferenciação sexual iniciada quando os indivíduos alcançam 7 mm (ARAÚJO, 2001).

Características abióticas devem ser consideradas no bom desenvolvimento de *A. brasiliiana*. Barreiras e Araújo (2005) observaram que a diminuição da salinidade, devido a um aumento na pluviosidade, aumentou o percentual de machos de *A. brasiliiana*. Carneiro (1994) verificou que as maiores densidades populacionais da espécie na praia de Barra/Grossos, RN, ocorreram no período chuvoso e principalmente nos meses de menor salinidade. Na Baía de Paranaguá (Paraná) a redução das densidades de *A. brasiliiana* durante o verão (dezembro-fevereiro) está provavelmente também relacionada a aumentos nas taxas de precipitação pluviométrica nessa época do ano na região (BOEHS et al.2008). Nas praias de Barra e Pernambucozinho, RN, constatou-se que durante o período de chuvas ocorria uma diminuição dos valores médios de abundância de *A. brasiliiana*, o que provavelmente está associado ao aporte de sedimentos e diminuição da salinidade na região estuarina que pode ter proporcionado a mortalidade destes indivíduos (RODRIGUES, 2009). Em Guadalupe, foi observada alta mortalidade de berbigões após períodos de chuvas intensas (MONTI et al. (1991). As chuvas além de ocasionarem reduções bruscas na salinidade (causando choques osmóticos), podem causar ressuspensão de material do fundo, com consequente aumento da carga de sedimentos em suspensão, condição que parece ser inadequada para esses moluscos (BOEHS et al.2008).

Os moluscos bivalves são amplamente usados como indicadores de poluição por elementos traço, apresentam distribuição abundante, fácil coleta e são sésseis, servindo para o monitoramento da contaminação ambiental (COIMBRA, 2003). Em estudos realizados por Peso-Aguiar et al. (1991), a *A. brasiliiana* demonstrou habilidade indicadora, revelando, de modo significativo, o grau de contaminação nos diferentes pontos a partir de uma fonte poluidora.

A bioacumulação de elementos traços em organismos aquáticos pode ser descrita através de modelos que consideram a transferência trófica descrita por taxa do peso específico da ingestão, eficiência de assimilação, taxa constante de perda fisiológica e taxa de crescimento do peso específico (REINFELDER, 1998)

Estudos em diferentes locais do Brasil têm apontado a presença de elementos traço em amostras de *A. brasiliana* (Quadro 1.1), sendo que alguns autores apresentaram a ordem de acumulação desses elementos.

Quadro 1.1 - Estudos de presença de elementos traço em *A. brasiliana* em diferentes locais do Brasil

Local	Metais analisados (em ordem de acumulação, quando disponível)	Fonte
Coroa Grande/Baía de Sepetiba – RJ	Hg, Cu, Zn, Cr, Fe, Mn, Ni	Coimbra (2003)
Enseada das Garças/Baía de Sepetiba – RJ	Hg, Cu, Zn, Cr, Fe, Mn, Ni	Coimbra (2003)
Coqueiro Grande, Caipe, Fábrica de Asfalto e Suape – BA	Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mg, Mo, Ni, P, Pb, Se, V, Zn	Carvalho (2006)
Potengi, Jundiá – RN	Zn, Cu, Cd, Ba, Pb, Cr, Sn, Ni	Emerenciano et al. (2008)
São Francisco do Conde/Madre de Deus – BA	Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Cd	Jesus et al. (2008)
Madre de Deus, São Francisco do Conde e Saubara – BA	Fe > Mn > Zn > Cu	Jesus (2011)

Jesus et al. (2008) chamam atenção para o fato de que na legislação brasileira que regulamenta o limite máximo para contaminantes inorgânicos em pescados (AGÊNCIA..., 1998), alguns elementos traço como Cu, Fe, Mn, Ni e Zn, que são considerados essenciais na manutenção do metabolismo dos organismos, não apresentam limites máximos recomendados para o consumo humano, dificultando determinar o nível de impacto desses elementos.

Verifica-se, portanto, que são diversos os elementos traço acumulados por estes moluscos. Nesse trabalho serão analisados Cu, Cr, Co, Mn, Pb, Zn, Ni, Fe, Cd, V, considerando a possibilidade de acumulação, devido à presença da carcinicultura e considerando, também, a possibilidade de análises e determinações dos elementos nos laboratórios onde estas foram realizadas.

1.4 O MUNICÍPIO DE SALINAS DA MARGARIDA E A CARCINICULTURA

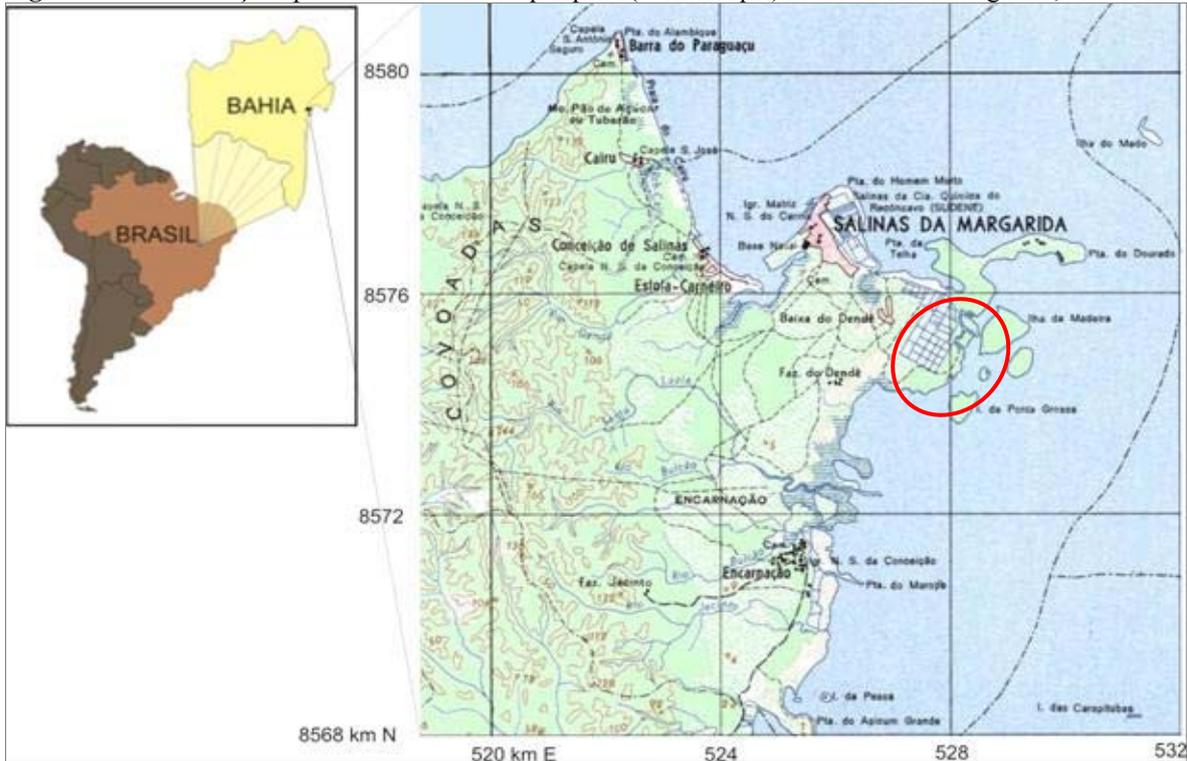
A localidade escolhida para a realização da pesquisa está inserida na Área de Proteção Ambiental da Baía de Todos os Santos - APA BTS, no município de Salinas da Margarida.

O município, com 148,33 km², está localizado na parte oeste da BTS, junto ao Estuário do Rio Paraguaçu, a 12°52'16"S e 38°45'52"O (Figura 1.2).

Salinas da Margarida apresenta clima tropical chuvoso, sem estação seca. A temperatura média anual é de 25,4°C. A umidade na região deve-se à proximidade litorânea (evaporação) e à cobertura vegetal (evapotranspiração), além das massas de ar das correntes

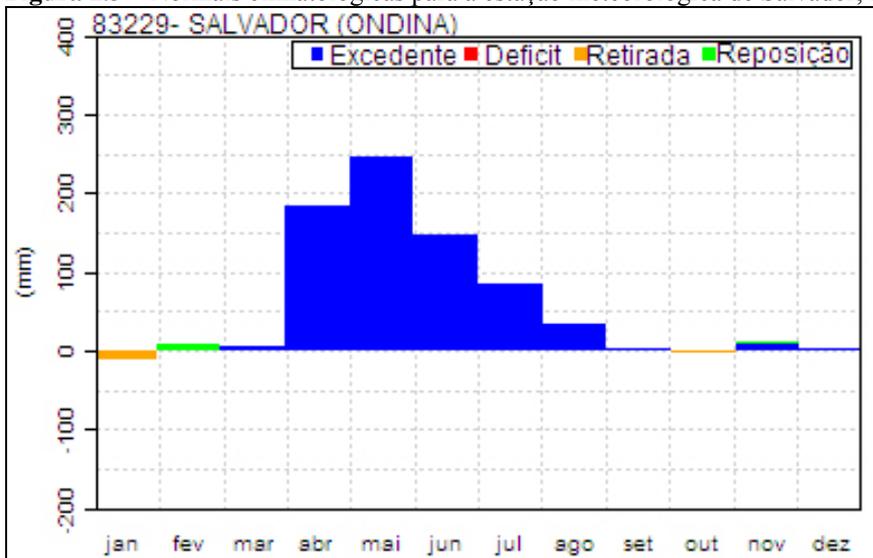
tropicais marítimas que influenciam na dinâmica dos regimes pluviométricos na região com médias entre de 1600 e 1900 mm anuais (BAHIA, 2012). O gráfico do balanço hídrico da estação meteorológica de Salvador (Figura 1.3), estação mais próxima de Salinas da Margarida, mostra o excedente hídrico maior entre abril e agosto, sendo que após o mês de maio esse excedente vai diminuindo.

Figura 1.2 - Localização aproximada da área de pesquisa (em destaque) em Salinas da Margarida, Bahia.



Fonte: adaptado por Joaquim Lago a partir da folha topográfica Baía de Todos os Santos – Fundação IBGE (1972)

Figura 1.3 – Normais climatológicas para a estação meteorológica de Salvador, Bahia.



Fonte: INMET (2012).

Geologicamente o município integra a Bacia Sedimentar do Recôncavo de Idade Jurássica-Cretácea e unidades sedimentares de cobertura de Idade Pleistocênica – Holocênica associadas ao depósito alúvio-coluvionários de encostas, arenito, arcósseos, depósito costeiros (areia de praia), folhelhos, Gnaisses siltitos (BAHIA, 2012).

O manguezal ocupa toda a costa do município, o que decorre dos processos dinâmicos do relevo das superfícies fluviomarinhas planas inundadas. Na medida em que aumenta a altitude, surgem outras espécies de cobertura vegetais, como a vegetação ombrófila nas áreas limítrofes com o município de Jaguaripe e São Roque do Paraguaçu (BAHIA, 2012).

Os solos predominantes no município são Neossolo Quartzarênico (antigas Areias Quartzosas) e Argissolo Vermelho (antigo Podzólico Vermelho), bom como solos indiscriminados de mangue com características de alta salinidade, pouca oxigenação, muita matéria orgânica em decomposição com odor característico. O relevo do composto de Baixada litorânea, planície marinha e fluviomarinha, Tabuleiros do Recôncavo (BAHIA, 2012).

A hidrografia que compõe o município é formada por uma rede de pequenas bacias hidrográfica de rios perenes, como o rio Beatantã que faz divisa entre o município de Salinas da Margarida e o município de São Roque do Paraguaçu, o rio do Dendê que tem sua nascente no Morro Pão-de-Açúcar (Tubarão) e encontra-se com o rio Paraguaçu antes da foz deste último, e o rio Piau que sofre dois barramentos e abastece o município de Salinas da Margarida e região (BAHIA, 2012).

A vegetação de mangue do município possui as espécies *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho) de solos lodosos, com raízes aéreas; *Laguncularia racemosa* (mangue-branco) encontrado nos terrenos mais altos, de solo mais firme, que se associam às formações arenosas; *Avicennia schaueriana* (mangue-preto, mangue-siriúba, canoê); *Conocarpus erectus* (mangue-de-botão) típico de áreas inundadas (BAHIA, 2012).

A superfície que será estudada encontra-se próximo a áreas de manguezal na localidade do Madeiro, sendo a área de maior extrativismo do molusco *A. brasiliiana* no município. Esta localidade está próxima da comunidade de Dendê e da sede do município, contempla tanto manguezais e uma ampla área sedimentar que permanece sem água durante a maré baixa (bancos de areia) quanto uma área de tanques de carcinicultura da empresa Valença da Bahia Maricultura S.A. (Figura 1.4).

Figura 1.4 – Vista aérea do município de Salinas da Margarida e localização da área do Madeiro, Salinas da Margarida



Na área estudada concentrava-se uma das principais atividades econômicas do município, a produção de sal, autorizada através da Lei provincial nº 1744, de 2 de junho de 1877. As antigas salinas foram instaladas sobre o ecossistema manguezal devido às condições climáticas existentes na região em época que os manguezais não eram protegidos por legislação. Com o êxito da produção de “salinas por evaporação natural” foi formada a Companhia Salinas da Margarida, em 20 de março de 1891. Com o declínio da produção salinera, os tanques foram abandonados; anos mais tarde, essas áreas foram substituídas pelas atividades de carcinicultura (COPQUE, 2010). Em levantamento de campo foram mapeados 4,64 Km² de viveiros de camarão no município, que representam 13 empreendimentos (INSTITUTO..., 2009).

Salienta-se que esse estudo foi realizado nas adjacências dos tanques de carcinicultura em que o ciclo de produção envolve desde o preparo do tanque até a despesca. De acordo com Nunes et al. (2005), a duração do ciclo do cultivo (em média aproximadamente 120 dias) varia de acordo com a idade ou o tamanho do camarão no povoamento, as densidades de estocagem empregadas, as metas desejáveis de produção em relação ao peso do camarão no momento da despesca e os intervalos adotados para o descanso e tratamento do fundo dos viveiros (pelo menos 14 dias). O ciclo depende, também, do clima, podendo, finalmente, variar para mais ou menos que 120 dias.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse capítulo serão detalhadas as etapas da pesquisa que contemplam trabalhos em escritório (incluindo revisão de literatura e tratamento dos dados analíticos), em campo (para coleta de amostras) e em laboratório (análises de moluscos e sedimentos coletados).

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

A análise consistiu no levantamento de dados, com auxílio de teses, dissertações, livros, periódicos, internet, órgãos ambientais, sobre: carcinicultura e impactos ambientais; contaminação de sedimentos por elementos traço; informações sobre os moluscos *A. brasiliiana* como bioacumulador; dados da área de pesquisa; fotos aéreas e/ou imagens de satélite que auxiliaram no reconhecimento da área e metodologia para determinação de elementos traço em sedimentos e moluscos.

2.2 TRABALHO EM CAMPO

No reconhecimento prévio do campo, realizado em abril/2011, visou-se identificar os limites da área de estudo, localidade do Madeiro e caracterizá-la, verificando previamente os acessos ao local e possível local de coleta, considerando-se tanto a incidência local de extrativismo e o domínio das marisqueiras, quanto à localização dos tanques de carcinicultura. O reconhecimento foi feito *in situ* com o auxílio de fotos aéreas e de imagens de satélite, em período de baixo mar identificado previamente pela tábua de maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação (BRASIL, 2011), tendo como referência o porto de Salvador.

As coletas de amostras foram realizadas em dois diferentes períodos, sempre com maré baixa: a 1ª campanha foi realizada em agosto/2011 (inverno, após período de maior excedente hídrico, entre abril e agosto) e a 2ª campanha foi realizada em março/2012 (verão, após período de menor excedente hídrico, entre setembro e março; Figura 1.3). Com base nos dados da estação meteorológica de Salvador (INMET, 2012; estação mais próxima a Salinas da Margarida), as pluviometrias que antecederam (120 dias) as datas de coleta foram: 839 mm para a 1ª campanha (caracterizando período com maior pluviosidade, denominado nessa

pesquisa de “período chuvoso”) e 272 mm para a 2ª campanha (período de menor pluviosidade, denominado “período seco”) (Figura 2.1).

Figura 2.1 - Dados de pluviometria que antecederam as datas de coleta (ago/11 acima; mar/12 abaixo), para a estação meteorológica de Salvador, Bahia

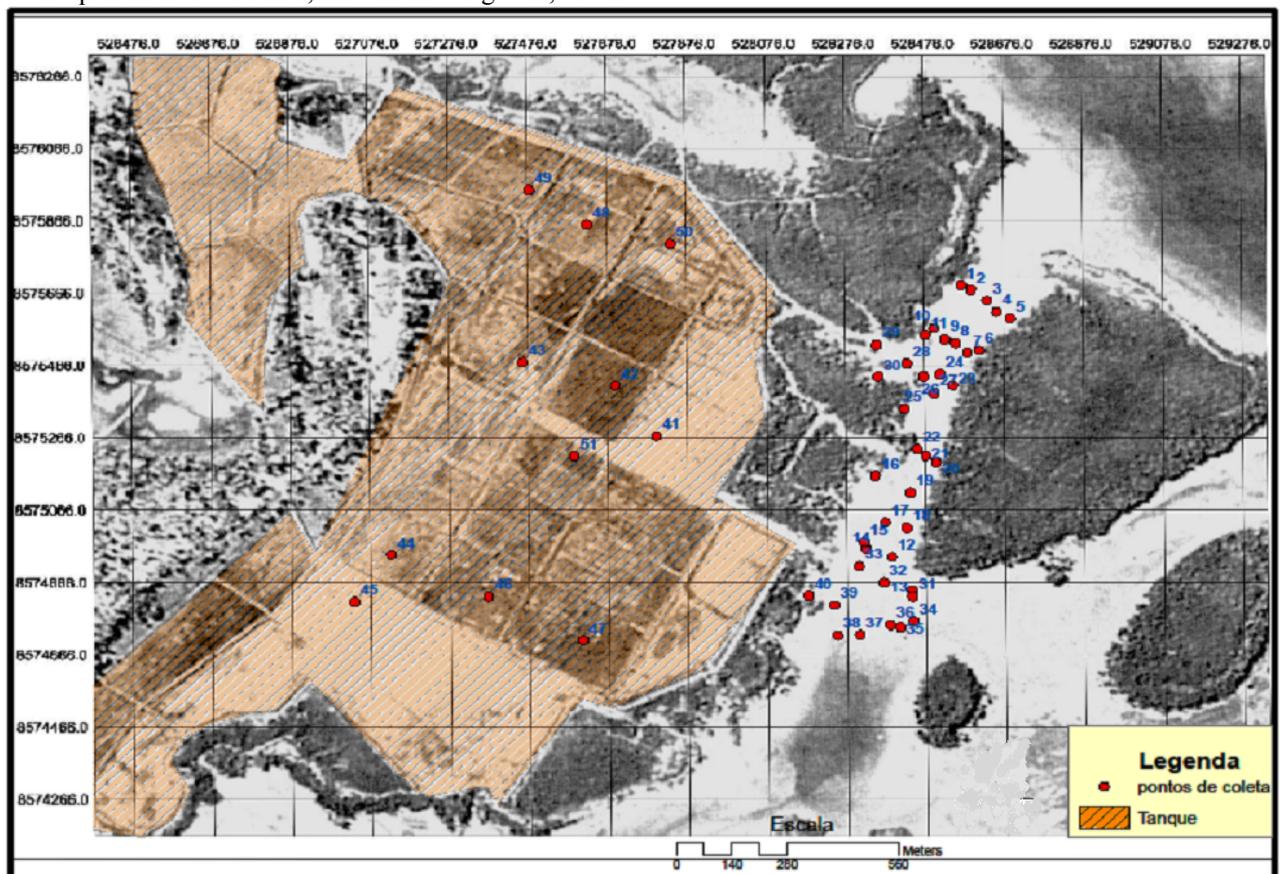


Fonte: INMET (2013)

Na 1ª campanha foram coletados sedimentos em 51 pontos amostrais, sendo: 39 pontos com sedimentos e moluscos, 2 pontos somente com sedimentos (não foram encontrados moluscos) e 10 pontos dentro dos tanques de carcinicultura. Na 2ª campanha foram coletados 55 pontos no total, com 41 pontos com sedimento e molusco, 3 pontos somente com sedimento (não foram encontrados moluscos) e 11 pontos dentro dos tanques, sendo que na 2ª campanha foram realizadas coletas nos mesmos pontos ou próximos àqueles da 1ª campanha, com base no georreferenciamento (feito com câmera fotográfica Ricoh e GPS acoplado) realizado na 1ª campanha. Na segunda campanha foram coletadas algumas amostras adicionais.

A distribuição dos pontos visou cobrir toda a área dos bancos de areia que recebem os efluentes da carcinicultura, além de tanques, e pode ser visualizada na figura 2.2. Os pontos amostrais foram determinados formando aproximadamente transectos transversais aos canais principais do banco de areia estudado e ao longo dos canais provenientes dos tanques de carcinicultura.

Figura 2.2 - Localização dos pontos de amostragem para coleta de moluscos e sedimentos e de sedimentos de tanques de carcinicultura, Salinas da Margarida, Bahia



As amostras de sedimento superficial foram obtidas coletando-se material em uma área delimitada por um quadrado de 50 x 50 cm, a uma profundidade de até 5 cm, com o auxílio de uma pá plástica previamente ambientada (Figura 2.3a). As amostras, individualmente, foram colocadas em sacos plásticos previamente etiquetados (Figura 2.3b).

Figura 2.3 - (a) Coleta e (b) acondicionamento de amostras de sedimento coletadas na localidade do Madeiro, Salinas da Margarida



Antes, porém, da coleta do sedimento, era feito um furo com a pá plástica ambientada no interior do quadrado para medição, na água acumulada neste furo, dos parâmetros pH, Eh e condutividade com o uso de uma sonda portátil multiparâmetros (pH Meter D-54, Horiba) previamente calibrada (Figura 2.4). A salinidade foi avaliada com um refratômetro (Hand-Refractometer, Atago).

Figura 2.4 - Medição de pH, Eh e condutividade com a utilização da sonda multiparâmetro na localidade do Madeiro, Salinas da Margarida



Nos tanques de cultivo de carcinicultura que ficam próximo ao Madeiro, as amostras de sedimentos de fundo foram coletadas utilizando uma pá plástica em três diferentes pontos em torno do local amostrado, constituindo uma amostra composta pelas três subamostras. Foi necessário mergulho em alguns tanques cheio de água (Figura 2.5). Nos tanques, os parâmetros pH, Eh, condutividade e salinidade foram medidos diretamente na água, quando cheios e secos (segundo metodologia da EMBRAPA, 1997) utilizando a mesma sonda e refratômetro.

Figura 2.5 - (a) Tanque de cultivo de camarão, próximo ao Madeiro – Salinas da Margarida, e (b) coleta de amostra de sedimento de fundo.



Os moluscos foram coletados no mesmo local de coleta dos sedimentos, manualmente, a uma profundidade de até 5 cm (profundidade máxima em que os moluscos foram encontrados), com auxílio de um quadrado de 50 x 50 cm. A coleta foi realizada com o auxílio de uma pá plástica, peneira plástica e jereré (aro circular com diâmetro de 30 cm este preso a um cabo de 30 cm com malha de tamanho 10 a 12 mm) e contou-se com a colaboração de uma marisqueira local (Figura 2.6).

Todos os moluscos coletados foram lavados com a água do mar para retirada de sedimentos, acondicionados em sacos plásticos identificados, colocados em frascas térmicas e transportados.

As amostras congeladas foram levadas, no dia seguinte à coleta, ao Laboratório de Estudos de Manguezais (LEM) do Núcleo de Estudos Ambientais do Instituto de Geociências da UFBA (NEA/IGEO/UFBA). Todo material foi mantido congelado até a realização das análises.

Figura 2.6 - Coleta de moluscos na localidade do Madeiro, com auxílio de material plástico e de um quadrado de 50 x 50 cm delimitando a área amostrada, em Salinas da Margarida.



Os materiais coletados (moluscos e sedimentos), acondicionados em sacos plásticos etiquetados, foram transportados em caixas térmicas, sob refrigeração com gelo. Logo após o campo as amostras foram congeladas.

2.3 ANÁLISES LABORATORIAIS

Em laboratório foram realizadas as seguintes análises:

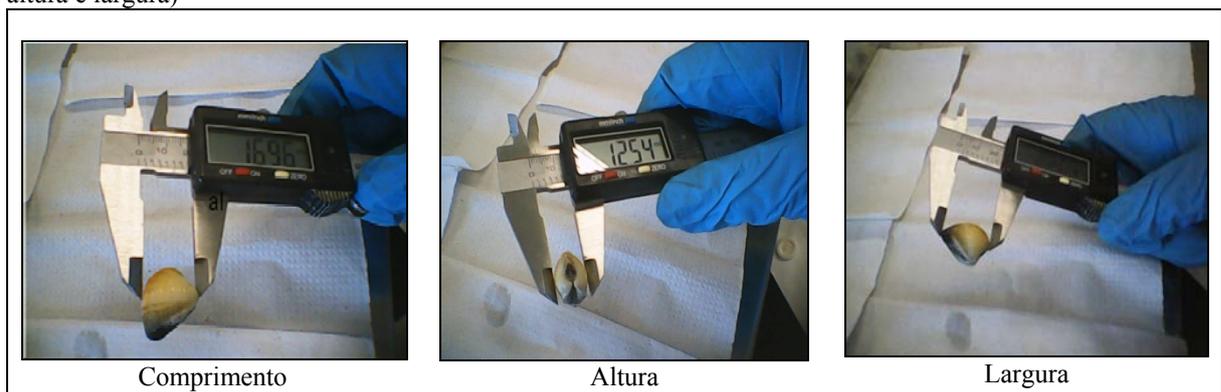
- nos moluscos: contagem dos indivíduos; biometria de, pelo menos, 30 indivíduos por ponto; pesagem da massa úmida (sem casca), pesagem da casca, pesagem da massa seca após a liofilização; análise de elementos traço (Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Ni, Ba, Fe, Cd, V);
- no sedimento: granulometria, determinação de elementos traço (Cu, Cr, Co, Mn, Pb, Zn, Ni, Fe, Cd, V, Ba), análise de nutrientes (N, P, K) e matéria orgânica.

As análises foram realizadas no LEM, sendo que algumas digestões foram realizadas no Laboratório de Estudos Ambientais (LEMA) da Universidade Católica do Salvador. As quantificações de elementos traço foram realizadas no laboratório do Grupo de Pesquisa em Química e Quimiometria do Instituto de Química da UFBA.

2.3.1 Moluscos

Os moluscos de cada ponto amostral foram contados para verificar a abundância e calcular a densidade por metro quadrado (m^2). Após a contagem, foram retirados, de cada amostra, 30 indivíduos de maneira aleatória para a realização da biometria “pool” (amostra composta para reduzir a variação individual na concentração de metais pesados seguindo recomendação de (DASKALAKIS, 1996; SZEFER et al., 1997; JESUS, 2005) com o auxílio de um paquímetro digital de precisão 0,01 mm: comprimento (máxima dimensão entre o umbo e a borda da concha) e altura (máxima dimensão entre duas valvas), largura (máxima dimensão entre a região ântero – posterior) (BRANDÃO, 2010; CARDOSO JÚNIOR, 2011) (Figura 2.7). Para algumas amostras, quando foram encontrados menos de 30 indivíduos, todos os indivíduos foram utilizados para a análise biométrica.

Figura 2.7 - Medidas biométricas efetuadas em *A. brasiliana* com auxílio de paquímetro digital (comprimento, altura e largura)



Cada amostra de 30 indivíduos foi pesada com a concha em balança com precisão 0,001 mg. Após a pesagem, os tecidos moles foram retirados, pesados e as amostras foram congeladas. Após congelamento, foi realizado o pré-tratamento: liofilização (liofilizador L101-LIOTOP), homogeneização e maceração com o auxílio de um almofariz e um pistilo de vidro. As amostras foram pesadas novamente para a obtenção do peso seco.

Para a comparação das concentrações de elementos traço encontrados com os valores máximos estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998), as concentrações de elementos traço foram reajustadas para o peso úmido. O fator de conversão utilizado foi à média da porcentagem de umidade dos organismos nos diferentes pontos amostrais.

2.3.2 Sedimentos

As amostras de sedimento dos bancos de areia e dos tanques de carcinicultura foram pré-tratadas: depois de congeladas foram liofilizadas (liofilizador L101-LIOTOP), maceradas, homogeneizadas e peneiradas para obtenção da fração menor que 2 mm. As frações maiores que 2 mm, composta por raízes, folhas, conchas e outras partículas, foram descartadas, e as amostras foram acondicionadas em frascos plásticos descontaminados, hermeticamente fechados e armazenadas em ambiente climatizado para análises posteriores. Os parâmetros analisados e a síntese das análises constam no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Técnicas empregadas para as análises de parâmetros físicos e químicos das amostras de sedimento superficial coletadas em Salinas da Margarida - BA

PARÂMETROS	ANÁLISES/DETERMINAÇÃO
GRANULOMETRIA	Pré-tratamento segundo Embrapa (1997). Determinação com analisador de partículas com difração a Laser (Modelo Cilas 1064). As amostras foram classificadas por faixa granulométrica (areia, silte e argila) (FOLK et al., 1957)
NITROGÊNIO TOTAL - N	Método Kjeldahl, seguindo recomendação da Embrapa (1997).
FÓSFORO ASSIMILÁVEL - P	Métodos de Grasshoff et al. (1983) e Aspilla (1976).
MATÉRIA ORGÂNICA – M.O	Método do dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) (WALKLEY, 1947), titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal hexahidratado $[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ até o aparecimento de uma coloração verde brilhante.
PÓTISSIO - K	Mesma técnica empregada para determinação dos elementos traços, com leitura realizada por ICP – OES (descrição no item 2.3.3).
ELEMENTOS TRAÇO	Digestão PARCIAL em forno microondas de acordo com a metodologia D 5258-92 - ASTM (1992) segundo metodologia adaptada ao manual do equipamento nº 24 (Manual de Microondas Provector DGT 100 plus). Leitura por (ICP OES) modelo VISTA-PRO (Varian, Mulgrave, Austrália). (detalhamento no item 2.3.3).

2.3.3 Análise de elementos traço nos moluscos e sedimentos

Todo o material utilizado para a análise de elementos traço foi devidamente descontaminado com ácido nítrico (HNO_3) 15% v/v por 24 horas e em seguida enxaguada com água destilada e ultrapura (sistema Milli-Q).

O controle de qualidade das amostras de biota e de sedimento foi realizado com duplicatas (20% do total das amostras) e triplicatas (10% do total das amostras), além do branco (sedimento 25 e moluscos 10). Além disso, as análises foram validadas com análises de padrões internacionais de moluscos e sedimentos marinhos.

Para análise dos moluscos, as amostras após o pré-tratamento sofreram digestão total no intuito de eliminar a matéria orgânica e disponibilizar os elementos químicos na fração inorgânica. Este procedimento consiste em pesar 0,3 g aproximadamente do tecido triturado (peso seco), na camisa de teflon, onde foram adicionados 5 mL de HNO₃ a 65% e 2 mL de H₂O₂ concentrado (30%), segundo metodologia adaptada ao manual do equipamento n° 24, Manual de Microondas Provecto DGT 100 Plus. As amostras digeridas foram avolumadas em balão volumétrico de 25 mL com água ultra pura e armazenada em frascos plásticos de 30 mL para posterior quantificação dos elementos traço.

Para avaliar o efeito das proporções na composição do sistema HNO₃ - H₂O₂ em moluscos e a digestão em microondas (Provecto, modelo DGT 100 Plus) foi utilizado um material de referência certificado de tecido de ostra seco, que é uma espécie de molusco bivalve o qual foi submetido às mesmas condições experimentais das amostras. Na Tabela 2.1 constam a concentração e os respectivos intervalos de confiança dos elementos constituintes desse material (CRM NIST 1566) e os valores obtidos nesse trabalho.

Tabela 2.1 - Resultados da análise do CRM NIST 1566 através do método proposto

ANALITO	VALOR OBTIDO (mg kg ⁻¹)	VALOR CERTIFICADO (mg kg ⁻¹)
Ba	7,6 ± 0,8	8,6 ± 0,3
Cd	2,34 ± 0,11	2,48 ± 0,08
Cu	69,5 ± 2,6	71,6 ± 1,6
Fe	191,5 ± 9,3	205,8 ± 6,8
Mn	18,0 ± 1,1	18,5 ± 0,2
Ni	0,91 ± 0,04	1,04 ± 0,09
V	0,627 ± 0,034	0,577 ± 0,023
Zn	1408 ± 16	1424 ± 46

Para avaliação do sedimento utilizou-se 1,0 g da amostra seca diretamente em camisas de teflon, foi adicionado 10 mL de HNO₃ (1:1) e depois digerido no microondas (Provecto, modelo DGT 100 Plus) – Este procedimento envolveu uma digestão parcial, na qual não se verifica a eliminação completa da matéria orgânica constituinte da amostra, utilizando-se um material de referência certificado de sedimento. Na Tabela 2.2 constam a concentração e os respectivos intervalos de confiança dos elementos constituintes desse material (CRM NIST 1646) e os valores determinados nesse trabalho.

A precisão das medidas realizadas foi verificada mediante o cálculo do desvio padrão relativo (RSD), cujos valores encontrados foram:: 1,25% para K; 5,55% para Cd; 3,55% para Cu; 12,33 para Cr; 0,84% para Fe; 1,63% para Mn; 29,97% para Ni; 16,78 % para Pb; 2,09% para V; 2,06% para Zn.

Tabela 2.2 - Resultados da análise do CRM NIST 1646 através do método proposto.

ANALITO	VALOR OBTIDO	VALOR CERTIFICADO
Cu (mg kg ⁻¹)	9,33 ± 0,41	10,01 ± 0,34
Fe (%)	1,771 ± 0,251	2,008 ± 0,039
Ni (mg kg ⁻¹)	20 ± 5	23 ^a
Zn (mg kg ⁻¹)	51,4 ± 7,4	48,9 ± 1,6

^a valor não certificado (estimado)

A programação utilizada na decomposição das amostras digeridas pelo microondas é mostrada nos Quadros 2.2 e 2.3.

Quadro 2.2 - Programação do forno de microondas para extração dos metais nos sedimentos dos bancos de areia e tanques de carcinicultura de Salinas da Margarida- Bahia.

ETAPAS	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
TEMPO (minutos)	3	1	1	4	4
POTÊNCIA (Watts)	400	790	0	400	0

Quadro 2.3 - Programação do forno de microondas para extração dos metais nos moluscos de Salinas da Margarida - Bahia.

ETAPAS	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
TEMPO (minutos)	5	5	10	10	5
POTENCIA (Watts)	200	0	500	630	0

As quantificações dos elementos traços (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn) extraídos dos moluscos (exceto Co) e dos sedimento foram realizadas em um espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), modelo VISTA-PRO (Varian, Mulgrave, Austrália) no laboratório do grupo de Pesquisa em Química e Quimiometria do Instituto de Química da UFBA. A espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado é uma técnica analítica multielementar amplamente utilizada para a determinação de elementos químicos em diferentes tipos de matrizes.

Na Tabela 2.3 constam os valores para os limites de detecção e quantificação dos analitos certificados determinados nas soluções provenientes da digestão com aquecimento em microondas (foram determinados para avaliar o desempenho dos procedimentos propostos). As condições de operação do ICP OES com configuração axial constam no Quadro 2.4.

Tabela 2.3 - Limites de detecção e quantificação para os analitos digeridos pelo método proposto e determinados por ICP OES (aplicados aos analitos validados para as amostras de moluscos e sedimentos)

ANALITO	LOD (ng g ⁻¹)	LOQ (ng g ⁻¹)
Ba	0,89	2,96
Cd	0,95	3,15
Cr	16,32	54,40
Cu	3,36	11,21
Fe	25,86	86,20
Mn	1,11	3,69
Ni	4,15	13,85
V	1,61	5,36
Zn	6,51	21,69
As	12,51	41,70

Quadro 2.4 - Condições de operação do ICP OES com configuração axial.

PARÂMETROS	ESPECIFICAÇÕES
Potência	1300 W
Vazão do plasma	15,0 L min ⁻¹
Vazão do gás auxiliar	1,5 L min ⁻¹
Vazão do nebulizador	0,8 L min ⁻¹
Sistema de nebulização	V-Groove com câmara de spray de PTFE
Linhas espectrais selecionadas	ISSO VCS

2.4 ANÁLISES, DISCUSSÃO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Uma vez obtidos os valores da biometria do molusco *A.brasiliana*, parâmetros físico-químico analisados e a concentração de elementos traço, estes dados foram inseridos em um arquivo no programa Office Excel 97-2003. Em seguida, o arquivo foi importado para o programa estatístico (SPSS v. 15) onde foram realizadas análises estatísticas.

Os resultados estão sendo apresentados na forma de artigos científicos que contemplam:

- a verificação da distribuição e características do molusco *A.brasiliana* em relação às características físico-química dos sedimentos na localidade estudada;
- uma comparação das concentrações de metais traço encontrados em sedimentos de fundo de tanque de carcinicultura e nos bancos de areia próximos a esses tanques, onde vivem os moluscos;
- uma avaliação da bioacumulação de metais traço pela *A. brasiliana*, através do cálculo do Fator de Bioacumulação (FBC);

- a determinação de elementos traços em *A. brasiliiana* e uma comparação com os limites legais determinados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998) para concentração em alimentos.
Seguem os artigos citados.

3 ANALISE BIOMÉTRICA E POPULACIONAL DO MOLUSCO *Anomalocardia brasiliana* E SUA RELAÇÃO COM PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DE SEDIMENTOS NO MUNICÍPIO DE SALINAS DA MARGARIDA

RESUMO

A *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1971) é um molusco bivalve comum no litoral brasileiro, com reprodução externa sexuada e ciclo de vida completo e vive enterrado no substrato. A caracterização morfológica (comprimento, altura e largura), que fornece um parâmetro morfométrico ao animal, e sua densidade populacional podem estar relacionadas a diferentes características físicas ou químicas do ambiente. O objetivo deste trabalho foi verificar a distribuição e características do molusco *A. brasiliana* em relação às características físico-químicas dos sedimentos no município de Salinas da Margarida, Bahia. Foram realizadas duas coletas de moluscos e sedimentos, uma após período de maior precipitação (chuvoso, ago/2011) e outra após período de menor precipitação (período seco, mar/2012). Nos moluscos foram analisadas a biometria e a densidade populacional. Nos sedimentos foram analisados: pH, Eh, condutividade, salinidade, matéria orgânica, N, P, K e granulometria. Diversos testes estatísticos, paramétricos e não paramétricos, foram realizados. Observaram-se diferenças significativas no tamanho dos moluscos coletados (sendo estes maiores no período chuvoso) e em parâmetros analisados nos sedimentos, sendo que condutividade, salinidade, M.O., P e K apresentaram valores maiores no período seco. No período chuvoso as medidas biométricas não apresentam correlação com os parâmetros determinados nos sedimentos. No período seco a biometria apresentou correlação positiva com M.O. e K. Em ambos os períodos a M.O., N, P e K foram mais encontrados em locais com maior quantidade de silte e argila, porém sempre em sedimentos predominantemente arenosos. Deve ser levado em consideração que o local amostrado é de intensa exploração extrativista.

Palavra-chave: *Anomalocardia brasiliana*, granulometria, parâmetros físico-químicos, sedimentos, Salinas da Margarida, Bahia.

3.1 INTRODUÇÃO

A *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) é uma espécie de molusco bivalve, bastante comum ao longo de todo litoral brasileiro. Esta espécie é lamelibrânquia da família Veneridae, dioica, com reprodução externa sexuada e com um ciclo de vida caracterizado por um estágio planctônico larval relativamente curto, de 11 a 30 dias (MOÛEZA et al., 1999). Apresenta hábito alimentar cavador superficial e habitam áreas protegidas da ação de ondas e de correntes, tanto na faixa entremarés como no infralitoral raso, incluindo as marismas e os

baixios não vegetados, onde se enterra superficialmente no substrato lodoso ou areno-lodoso (NARCHI, 1976; POLI et al., 2004; BOEHS et al., 2008).

Esse molusco apresenta simetria bilateral provido de uma concha externa cuja existência facilita a determinação da idade e permite o estudo do crescimento através da caracterização morfológica que fornece um parâmetro morfométrico (geralmente o comprimento da concha ou o peso do animal) e a idade. A caracterização morfológica baseia-se fundamentalmente na relação entre as três medidas lineares (comprimento, altura e largura) e na relação entre o comprimento e o peso (BERGONCI et al., 2008). As relações biométricas são importantes para a compreensão de vários aspectos de uma espécie, pois permite comparações morfológicas entre espécies ou entre populações de uma mesma espécie de diferentes regiões (GASPAR et al., 2001).

O desenvolvimento dos moluscos está relacionado às características do meio que habitam. No estudo da distribuição de *A. brasiliana* nas praias de Enseada em Caraguatatuba, Araçá e Barra Velha no canal de São Sebastião/SP, observou-se uma ampla distribuição; o molusco alcançou as maiores densidades populacional em locais com sedimentos ricos em carbonato de cálcio e matéria orgânica (ARRUDA et al., 2003). Na península de Ajuruteua no estado do Pará, verificou-se a diversidade e abundância do molusco *A. brasiliana* em locais com sedimentos argilo-arenosos, sendo que as maiores densidades foram constatadas entre os meses de agosto a novembro e as menores entre dezembro e julho (BEASLEY et al., 2005). Em dois baixios entre marés da Baía de Paranaguá, no Estado do Paraná, a espécie *A. brasiliana* foi encontrada em sedimento areno-lodoso com composição aproximada de 90% de areia, 5% de finos (silte e argila) e 3% de cascalho e com predomínio de areia fina, de acordo com a classificação de Shepard (1954) (BOEHS et al., 2008). Nas praias de Barra e Pernambuquinho/RN constatou-se que durante o período de chuva ocorria uma diminuição dos valores médios de abundância de *A. brasiliana*, o que provavelmente está associado ao aporte de sedimentos e diminuição da salinidade na região estuarina que pode ter proporcionado a mortalidade destes indivíduos (RODRIGUES, 2009). No estudo da biologia reprodutiva do estoque natural da espécie na praia de Mangue Seco, litoral norte de Pernambuco, as amostras do sedimento analisadas indicaram a predominância de areia grossa (69%) nos pontos de coleta, seguido por areia fina (27,24%) (LAVANDER et al., 2011).

O objetivo deste trabalho foi verificar a distribuição e características do molusco *A. brasiliana* em relação às características físico-químicas dos sedimentos existentes em ambiente que recebe efluentes de carcinicultura.

O estudo foi conduzido no município de Salinas da Margarida, Bahia, em local com intenso extrativismo do molusco *A. brasiliiana* e próxima a tanques de carcinicultura. No município a coleta de *A. brasiliiana* é fonte de alimento e de renda para inúmeras famílias.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Exemplares do molusco *A. brasiliiana* foram coletados na localidade de Madeiro (38°44'05"W; 12°53'11"S). A superfície estudada, que corresponde a bancos de areia (sedimentos de planície de maré) que ficam expostos ao ar durante a maré baixa, encontra-se próximo a áreas de manguezal e de tanques de carcinicultura; é a área de maior extrativismo do molusco *A. brasiliiana* no município (Figura 3.1).

Figura 3.1 - Localidade do Madeiro, local de coleta de *A. brasiliiana*, próximo a tanques de carcinicultura, município de Salinas da Margarida, Bahia

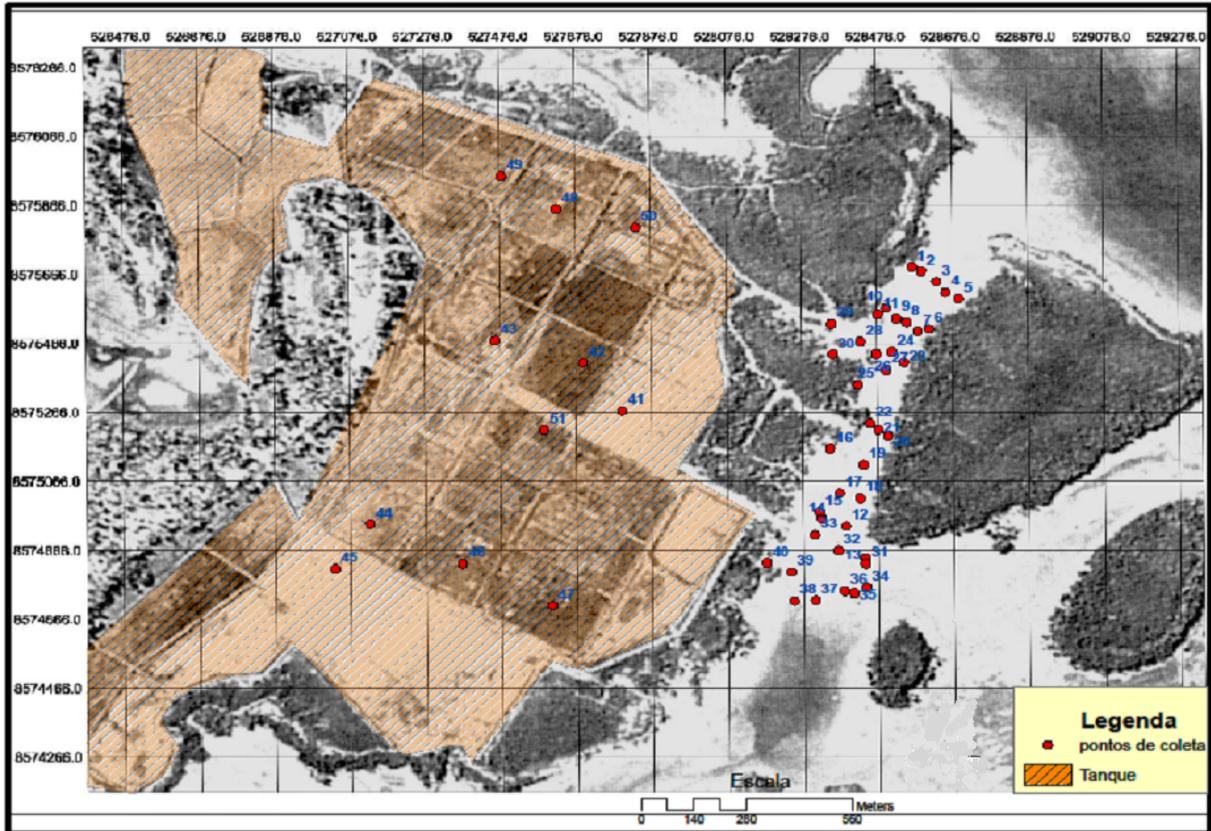


Fonte: fotografia de autor desconhecido.

As coletas foram realizadas em duas campanhas, uma em agosto de 2011, após período de maior precipitação anual (período “chuvoso”), com 39 pontos amostrais, e outra em março de 2012, após período de menor precipitação (período “seco”), com 41 pontos amostrais formando transectos transversais aos canais principais do banco de areia e ao longo dos canais provenientes dos tanques de carcinicultura, visando cobrir toda a área (Figura 3.2) Na 1ª campanha os pontos foram georreferenciados com máquina fotográfica com GPS

acoplado (marca Ricoh); na 2ª campanha buscou-se, com base no georreferenciamento, coletar as amostras nos mesmos locais, sendo que foram adicionados alguns pontos.

Figura 3.2 - Localização dos pontos de amostragem para coleta de moluscos e sedimentos e de sedimentos de tanques de carcinicultura, Salinas da Margarida, Bahia.



Na coleta foi utilizado um quadrado de 50 x 50 cm; todos os moluscos foram coletados manualmente no sedimento a uma profundidade de até aproximadamente 5 cm, onde foram encontrados (Figura 3.3). Os moluscos coletados foram lavados com a água do mar para retirada de sedimentos, acondicionados em sacos plásticos identificados, colocados em frasqueiras térmicas e transportados para o Laboratório de Estudos de Manguezal (LEM) do Núcleo de Estudos Ambientais (NEA) da Universidade Federal da Bahia.

As amostras de sedimento superficial foram obtidas no mesmo local de coleta dos moluscos, a uma profundidade de 5 cm, coletadas com o auxílio de uma pá plástica previamente ambientada; a coleta de sedimento foi realizada antes da coleta dos moluscos. Estas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, mantidos sob-refrigeração em campo e logo em seguida congeladas, tendo sido mantidas congeladas durante o transporte até o LEM/IGEO/UFBA, onde foram mantidas congeladas até realização das análises.

Figura 3.3- Quadrado 50x50 cm correspondente à área de coletados dos moluscos e moluscos coletados.



Durante a coleta dos moluscos e sedimentos foram medidos, na água superficial próxima e com o uso de uma sonda portátil multiparâmetros (pH Meter D-54, Horiba, Ltd) previamente calibrada, os parâmetros pH, Eh e condutividade; a salinidade foi avaliada com refratômetro (Hand-Refractometer, Atago).

No LEM foi realizada a contagem de indivíduos encontrados nos 0,25m² amostrados para verificar a abundância em cada ponto e calculada a densidade por m². Após a contagem, foram retirados, de cada amostra, 30 indivíduos de maneira aleatória para a análise biométrica; para as amostras nas quais foram encontrados menos de 30 indivíduos, utilizaram-se todos os indivíduos. A biometria foi realizada com o auxílio de um paquímetro digital de precisão 0,01 mm: comprimento (máxima dimensão entre o umbo e a borda da concha), largura (máxima dimensão entre a região ântero – posterior) e altura (máxima dimensão entre duas valvas) (BRANDÃO, 2010; CARDOSO JÚNIOR, 2011) (Figura 3.4).

As amostras de sedimento superficial foram pré-tratadas: liofilização (liofilizador L101-LIOTOP), maceração, homogeneização e peneiramento para obtenção da fração menor que 2 mm. As amostras foram acondicionadas em frascos plásticos, hermeticamente fechados e armazenadas em ambiente climatizado para análises posteriores.

Figura 3.4 - Medidas biométricas efetuadas em *A. brasiliiana* com auxílio de paquímetro digital.



As frações granulométricas foram analisadas segundo método de difração a laser, em um analisador de partículas, modelo Cilas 1064. O tratamento estatístico dos dados foi realizado com auxílio do software GRADISTAT versão 4.0. As amostras foram classificadas por faixas granulométricas (areia, silte e argila) (FOLK et al. 1957).

Para os parâmetros físico-químicos no sedimento foram determinados os teores de nitrogênio total (N) utilizando o método de Kjeldahl (descrito em Embrapa, 1997), adaptado; de fósforo assimilável inorgânico (P) através dos métodos de Grasshoff et al. (1983) e Aspilla (1976), e o teor de matéria orgânica (M.O.) segundo método do dicromato de potássio (WALKLEY, 1947).

Para determinação do K (potássio) inorgânico nos sedimentos foi realizada a extração parcial em forno microondas segundo metodologia D 5258-92 (AMERICAN...,1992) segundo metodologia adaptada ao manual do equipamento nº 11(Manual de Microondas Provecto DGT 100 plus). A determinação foi feita por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES modelo Vista-Pro, Varian).

Foram realizados dois tipos de análises estatísticas: a análise univariada com o objetivo de verificar as diferenças entre os períodos analisados em relação às variáveis (físico-química, granulometria, nutrientes) e a análise multivariada visando verificar agrupamentos existentes nos diferentes períodos; as análises foram realizadas com programa estatístico (SPSS v. 15).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 3.1 são apresentadas medidas descritivas do molusco *A.brasiliana* nos período chuvoso e seco. Verifica-se que no período chuvoso os indivíduos apresentam maior tamanho que no período seco, o que foi comprovado estatisticamente ($valor\ p < 0,05$; Tabela 3.1). Deve-se considerar que, no local, o extrativismo é maior no período seco (verão), quando a demanda pelo produto pré-processado é maior. Segundo informações das pessoas que coletam o molusco na área estudada, a mariscagem é diária no verão, além do número de marisqueiras ser maior que no período chuvoso, o que permite um maior crescimento dos indivíduos nesse período.

Quanto à variabilidade das medidas biométricas em cada período analisado, há baixa variabilidade entre os moluscos coletados ($CV < 50\%$), indicando homogeneidade nas amostras.

Tabela 3.1 - Medidas descritivas dos moluscos nos períodos de coletas analisados e teste não paramétrico de Kruskal Wallis onde n corresponde ao número de indivíduos ou [amostras].

Medidas	Período chuvoso				Período seco				p-valor
	n	Min - Max	Média ± D.P.	CV%	n	Min - Max	Média ± D.P.	CV%	
Altura (mm)	951	4,07-16,83	10,45 ± 1,53	14,64	929	2,52 - 24,23	9,38 ± 2,13	22,71	0,000
Comprimento (mm)	951	5,42- 21,08	14,18 ± 2,07	14,6	929	3,49 - 19,4	12,73 ± 2,88	22,62	0,000
Largura (mm)	951	7,25 - 26,7	18,44 ± 2,58	13,99	929	4,07 - 25,06	16,78 ± 3,66	21,75	0,000
Densidade (ind./m ²)	[38]*	16 – 1.796	477 ± 426,29	89,43	[39]*	12 – 2.360	596 ± 590,58	99,00	0,976

Destaca-se que o tamanho médio das amostras de *A. brasiliana* coletadas no Madeiro, em Salinas da Margarida, é menor que o tamanho da mesma espécie encontrado no trabalho realizado por Jesus et al. (2004) na região estuarina de São Francisco do Conde, localizada na porção nordeste da Baía de Todos os Santos, que encontrou os valores de comprimento e de largura, respectivamente, 20,9 mm e 25,02 mm para o período seco, e 19,72 mm e 22,93 mm para o período chuvoso.

Para a variável densidade, há uma alta variabilidade (CV% >50%) e não há diferenças estatísticas entre os períodos. (Tabela 3.1). Apesar de não haver diferença significativa, nota-se menor densidade no período chuvoso, o que, de acordo Boehs et al. (2008), pode decorrer de reduções na salinidade (causando choques osmóticos), ressuspensão de material junto aos sedimentos, com conseqüente aumento da carga de sedimentos em suspensão, condição inadequada para esses moluscos.

Visto que existem diferenças entre os períodos analisados para as medidas dos moluscos, também foi verificado se diferem as variáveis físico-químicas avaliadas nos sedimentos. A Tabela 3.2 apresenta as medidas descritivas e o teste não-paramétrico de Kruskal Wallis. As variáveis condutividades, M.O., N, P, K e granulometria (silte e argila) apresentaram alta variabilidade nos períodos avaliados (C.V% > 50%). Observa-se também que o Eh, a condutividade, a salinidade, a M.O., o P e o K apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os períodos (*p-valor* < 0,05).

Há um aumento significativo na média dos valores de salinidade, P, K e M.O. no período seco em relação ao período chuvoso. Este aumento relaciona-se à maior concentração de nutrientes (e conseqüente maior produção primária, com reflexos na concentração de M.O.) e de sais devido à menor diluição do meio e maior evaporação nos bancos de areia decorrente de menor precipitação e maiores temperaturas no período seco.

Outro fator a ser considerado é a possibilidade de adição de nutrientes no meio em virtude do lançamento de efluentes contínuos e da despesca da carcinicultura que há na localidade. Segundo Azevêdo (2006), normalmente as empresas do nordeste do Brasil trabalham com três ciclos de produção ao ano, sendo que a duração média total de cada ciclo é de 120 dias; a produção de camarão ocorre entre 90 a 120 dias, quando estão prontos para a despesca, e os 20 a 30 dias restantes são reservados para limpeza, desinfecção e preparo dos viveiros para novo ciclo. Segundo carcinicultores da região, o crescimento dos camarões nos meses mais quentes do ano é maior, acelerando o ciclo em relação aos meses de menor temperatura e, sobretudo, maior pluviosidade, o que implica em mais despescas realizadas no verão, principalmente em se tratando de pequenos produtores. No Madeiro, a área de coleta dos moluscos recebe diretamente esses efluentes. O aumento de M.O. e nutrientes em estuários que recebem efluentes de carcinicultura já foi comprovada por outros autores (NUNES, 2002; FIGUEIREDO et al., 2005; BARROS, 2006; TORRES, 2009; CUNHA, 2010) e pode estar corroborando para o aumento de nutrientes no Madeiro, sobretudo no período seco (verão).

Na tabela 3.3 são apresentados, para o período chuvoso, os valores de correlação entre as variáveis biométricas e parâmetros analisados nos sedimentos. As medidas biométricas não apresentam correlação com os parâmetros físico-químicos e granulométricos, porém apresentam elevada correlação entre si (altura, comprimento e largura). A densidade apresenta uma correlação negativa com as medidas biométricas, confirmando que, com aumento da densidade, os moluscos diminuem de tamanho. Algumas variáveis físico-químicas possuem correlação significativa entre si: a condutividade tem correlação positiva com o P; os nutrientes (N, P, K) tem uma correlação positiva com a M.O. que, por sua vez, está menos presente em áreas mais arenosas, assim como o K. A densidade também mantém correlação negativa com M.O e P.

Na correlação (Spearman) calculada para o período seco (Tabela 3.4), as medidas biométricas apresentaram correlação entre si, com valores de correlação significativos (mesmo que baixos) com os parâmetros M.O. e nutrientes, mostrando que os organismos desenvolvem-se mais em locais com maior teor de M.O. e de nutrientes. Os nutrientes e a M.O. encontram-se mais concentrados em locais com granulometria mais fina, como menor teor de areia. Já a densidade não mantém correlação com as medidas biométricas nem com os parâmetros físico-químicos.

Tabela 3.2 - Medidas descritivas das variáveis físico-químicas, granulométricas e nutrientes (N, P, K)

Variável	Período chuvoso				Período seco				<i>p</i> -valor*
	Média ± D.P.	Mín-Máx	Mediana	CV%	Média ±D.P.	Mín-Máx	Mediana	CV%	
pH	7,75 ± 0,37	7,13 - 8,6	7,77	4,78	7,79 ± 0,36	7,12 - 8,58	7,77	4,66	0,407
Eh	-69,18 ± 20,09	-102 - (-26)	-63,50	21,04	-52,45 ± 21,09	-98 - (-10)	-55	40,21	0,029
Condutividade (µS/cm)	1,68 ± 1,60	0 - 8,2	2,01	94,89	2,61 ± 1,35	0,003 - 4,94	2,40	51,65	0,000
Salinidade	32,41 ± 4,82	15 - 40	34	14,87	36,36 ± 1,56	35 - 42	36	4,28	0,000
M.O. (%)	1,22 ± 0,79	0 - 3,13	1,15	65,02	1,70 ± 0,91	0,53 - 4,43	1,49	53,50	0,011
N (%)	0,05 ± 0,03	0,01 - 0,16	0,04	64,60	0,04 ± 0,04	0 - 0,13	0,04	78,64	0,405
P (mgKg ⁻¹)	27,62 ± 15,85	9,84 - 89,33	24,37	57,40	52,69 ± 30,18	7,43 - 183,39	48,54	57,28	0,000
K (mgKg ⁻¹)	496,72 ± 295,95	156,91 - 1565,81	473,12	59,58	678,29 ± 432,52	194,03 - 1966,85	561,79	63,77	0,003
Areia (%)	88,35 ± 7,75	68,12 - 98,83	91,54	8,77	71,69 ± 34,14	0 - 97,50	85,69	47,63	0,069
Silte (%)	11,52 ± 7,64	1,17 - 31,78	8,33	66,32	12,59 ± 14,42	0 - 62,48	8,53	114,57	0,950
Argila (%)	0,12 ± 0,13	0 - 0,44	0,09	104,04	0,57 ± 2,04	0 - 11,73	0,07	360,08	0,384

*Teste de normalidade não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (*p*-valor < 0,05). Valores em negrito indicam a não-normalidade.

Tabela 3.3 - Correlação (Spearman) para as variáveis medidas nos moluscos e nos sedimentos – período chuvoso (ago/11)

	Altura	Comprimento	Largura	Densidade	pH	Eh	Condutividade	Salinidade	M.O	N	P	K	Areia	Silte	Argila
Altura	1														
Comprimento	0.915	1													
Largura	0.956	0.932	1												
Densidade	-0.650	-0.469	-0.598	1											
pH	0.164	0.202	0.189	-0.055	1										
Eh	-0.143	-0.161	-0.163	0.094	-0.964	1									
Condutividade	-0.105	-0.106	-0.064	-0.197	-0.209	0.194	1								
Salinidade	0.126	0.030	0.104	-0.034	-0.088	0.180	0.284	1							
M.O	0.160	-0.109	0.110	-0.394	-0.042	0.027	0.139	0.179	1						
N	0.088	-0.108	0.098	-0.166	0.008	0.007	-0.105	0.063	0.684	1					
P	0.215	0.061	0.168	-0.345	-0.009	-0.039	0.357	0.015	0.496	0.372	1				
K	0.061	-0.126	0.077	-0.082	0.063	-0.031	-0.048	0.086	0.714	0.851	0.351	1			
Areia	0.109	0.246	0.094	0.140	0.247	-0.294	-0.227	-0.091	-0.448	-0.303	-0.274	-0.437	1		
Silte	-0.110	-0.246	-0.095	-0.138	-0.246	0.294	0.225	0.091	0.446	0.302	0.273	0.434	-1.000	1	
Argila	-0.107	-0.253	-0.122	-0.222	-0.234	0.283	0.283	0.025	0.395	0.217	0.225	0.308	-0.897	0.896	1

Tabela 3.4 – Correlação (Spearman) para as variáveis medidas nos moluscos e nos sedimentos – período seco (mar/12)

	Altura	Comprimento	Largura	Densidade	pH	Eh	Condutividade	Salinidade	M.O	N	P	K	Areia	Silte	Argila
Altura	1														
Comprimento	0.925	1													
Largura	0.938	0.975	1												
Densidade	-0.052	-0.042	-0.088	1											
pH	-0.127	-0.062	-0.137	-0.012	1										
Eh	0.026	-0.014	0.061	-0.057	-0.889	1									
Condutividade	-0.167	-0.270	-0.291	0.136	0.136	-0.226	1								
Salinidade	-0.168	-0.249	-0.237	-0.264	0.029	-0.034	0.304	1							
M.O	0.455	0.418	0.459	-0.292	0.015	-0.061	0.077	-0.360	1						
N	0.402	0.252	0.341	-0.288	-0.003	-0.056	0.202	-0.131	0.642	1					
P	0.191	-0.021	-0.004	-0.221	0.065	-0.120	0.156	0.028	0.550	0.563	1				
K	0.383	0.187	0.278	-0.287	-0.114	0.091	0.110	-0.147	0.708	0.673	0.750	1			
Areia	-0.274	-0.185	-0.255	0.104	0.055	0.074	-0.021	0.147	-0.604	-0.565	-0.492	-0.649	1		
Silte	0.367	0.292	0.296	-0.146	-0.051	0.046	-0.008	-0.084	0.520	0.406	0.537	0.630	-0.394	1	
Argila	0.167	0.162	0.152	-0.339	-0.105	0.122	-0.057	-0.034	0.483	0.369	0.475	0.494	-0.220	0.784	1

Com base na correlação observada entre as variáveis, foi realizada uma análise multivariada com objetivo de verificar os agrupamentos das variáveis em questão. Para reduzir a discrepância das variáveis devido às diferenças das unidades de medidas, foi utilizada uma transformação com objetivo de colocar os dados na mesma escala de medidas (MINGOTI, 2005). A transformação utilizada foi à padronização da variável pela sua média e desvio padrão. Em seguida utilizou-se uma Análise Fatorial Multivariada que procura encontrar a explicação, sob a forma de um ou mais fatores latentes, para as relações existentes entre as variáveis.

Inicialmente foi avaliada a adequação do modelo de análise fatorial (teste de KMO) ao conjunto de variáveis analisadas. Verificou-se que no período seco (KMO = 0,606) os dados adéquam-se melhor ao modelo de análise fatorial do que no período chuvoso (KMO = 0,559).

Na Tabela 3.5 são apresentados os resultados da análise fatorial utilizada para o conjunto de dados com objetivo de agrupar as variáveis correlacionadas. Para o uso desta ferramenta utilizou-se o método das componentes principais. Quanto ao critério de seleção de número de fatores os resultados que apresentaram autovalor ≥ 1 foram selecionados, visto que os fatores com autovalor inferior a 1 tem baixa explicação da variabilidade dos dados (variação explicada $< 10\%$).

Tabela 3.5 - Estimativa da carga fatorial e variância explicada para a Análise Fatorial Multivariada dos moluscos e sedimentos analisados.

Variáveis	Período chuvoso			Período seco		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Altura	0.159	0.936	0.262	0.839	-0.322	0.345
Comprimento	-0.106	0.925	0.317	0.751	-0.388	0.442
Largura	0.138	0.931	0.290	0.835	-0.364	0.358
pH	-0.250	0.313	-0.797	-0.137	0.458	0.781
Eh	0.267	-0.321	0.843	0.108	-0.480	-0.822
Condutividade	0.599	-0.094	0.160	-0.239	0.685	-0.077
Salinidade	0.095	-0.043	0.260	0.021	0.740	-0.123
M.O.	0.836	0.130	-0.221	0.831	0.276	-0.183
N	0.871	0.114	-0.140	0.655	0.448	-0.212
P	0.639	0.232	-0.489	0.382	0.782	0.078
K	0.778	0.127	-0.341	0.611	0.504	-0.288
Areia	-0.787	0.149	-0.155	-0.377	-0.121	0.115
Silte	0.785	-0.147	0.156	0.753	0.177	-0.131
Argila	0.779	-0.227	0.059	0.637	-0.283	-0.254
Autovalor	4.868	3.005	2.168	4.805	3.111	2.013
Variância Explicada (%)	34.772	21.463	15.488	34.320	22.218	14.377
Var. Explic. Acumulada(%)	34.772	56.236	71.724	34.320	56.538	70.915

Para o período chuvoso, os três fatores explicam 71,42% da variação total. O fator 1 está mais correlacionado com M.O., N, P, K, condutividade e granulometria, enquanto que o 2º fator é mais correlacionado com as medidas dos molusco. Os resultados encontrados demonstram que os parâmetros físico-químicos somente não controlam totalmente o tamanho dos moluscos, portanto a diminuição de nutrientes no período chuvoso não é limitante para o tamanho dos indivíduos. O pH e o Eh, inversamente correlacionados, aparecem somente no fator 3, explicando cerca de 15% da variação dos dados, tanto para o período chuvoso quanto para o seco.

Já no período seco, a variação total explicada pelos três primeiros fatores é de 70,91%, sendo o 1º responsável por explicar 34,32% da variação total. Ele está correlacionado com as medidas dos moluscos, além de M.O., N, P, K, silte e argila. Portanto, nesse período, com o aumento de nutrientes, há um aumento na reprodução dos moluscos, levando a uma maior população, porém com menor tamanho devido, possivelmente, há uma competição intraespecífica, além da maior coleta de mariscos realizada nesse período.

3.4 CONCLUSÕES

As variáveis físico-químicas apresentaram diferenças significativas entre os períodos analisados (Eh, condutividade, salinidade, M.O, P e K) e algumas mostraram grande variação nos dois períodos de coleta (condutividade, M.O, N, P, K).

Observaram-se diferenças significativas nos tamanhos dos moluscos coletados segundo os períodos de coleta analisados (período chuvoso e período seco).

A maior parte dos indivíduos encontrados nos dois períodos está abaixo de 20 mm. Há uma diferença significativa nas médias biométricas (altura, comprimento e largura) entre os períodos, com indivíduos maiores no período chuvoso, apesar da menor quantidade de M.O. e nutrientes P e K nos sedimentos. A densidade populacional apresenta uma grande variabilidade nos dois períodos de coleta, sendo que no período chuvoso são encontrados menos indivíduos (em média 464 indivíduos/m²) do que no período seco (551 indivíduos/m²). O maior número de indivíduos no período com menor disponibilidade de nutrientes, e com menor tamanho, sugere competição intraespecífica. Porém deve ser levado em consideração que o local amostrado que é de intensa exploração extrativista, o que pode influenciar dados populacionais.

Relações entre a biometria dos moluscos e parâmetros analisados nos sedimentos são claras somente no período seco, e a biometria, juntamente com M.O., N, P, K e granulometria fina (silte e argila), explicam 35% da variação dos dados encontrados.

No período chuvoso não há relações claras, e a análise fatorial multivariada mostra que a variação dos dados está, primeiramente, relacionada aos parâmetros físico-químicos, e em seguida à biometria.

3.5 REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard practice for Extraction of trace elements from sediments**. West Conshohocken: ASTM, v. 11, n. 2, 1992.
- ARRUDA, E. P.; AMARAL, A. C. Z. Spatial distribution of mollusks in the intertidal zone of sheltered beaches in southeastern of Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 291-300, jun. 2003.
- ARRUDA-SOARES, H.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; MANDELLI JUNIOR, J. “Berbigão” *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791), bivalve comestível da região da Ilha do Cardoso, Estado de São Paulo, Brasil: aspectos biológicos de interesse para a pesca comercial. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 9, p. 21-38, 1982.
- ASPILA, K. I.; AGEMIAN, H.; CHAU, A. S. Y. A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. **Analyst**, Londres, v. 101, p. 187-197, 1976.
- BARROS, S. R. R. C. **Estudo da partição de metais traço em uma linha d’água em um tanque de cultivo de camarão marinho do município de Santa Rita/PB. João Pessoa**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.
- BEASLEY, C. R.; FERNANDES, C. M.; GOMES, C. P.; BRITO, B. A.; SANTOS, S. M. L.; TAGLIARO, C. H. Molluscan diversity and abundance among coastal habitats of Northern Brazil. **Ecotropica**, Berlim, v. 11, p. 9-20, 2005.
- BERGONCI, P. E. A.; THOMÉ, J. W. Vertical distribution, segregation by size and recruitment of the yellow clam *Mesodesma mactroides* Deshayes, 1854 (Mollusca, Bivalvia, Mesodesmatidae) in exposed sandy beaches of the Rio Grande do Sul state, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 68, n. 2, p. 297-305, maio 2008.
- BOEHS, G.; ABSHER, T. M.; CRUZ-KALED, A. C. Ecologia populacional de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 259-270, 2008.
- BRANDÃO, J. et al. Acompanhamento preliminar do rendimento da *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) na praia de Mangue Seco, Pernambuco-Brasil. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10., 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2010.
- CARDOSO JUNIOR, L. O. **Avaliação do crescimento de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) na praia de Mangue Seco, litoral norte do estado de Pernambuco, Brasil**. 2011. 48 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

CUNHA, P. E. V. **Aplicação da metodologia para estimativa do fator de emissão - nutrientes e metais pesados - para avaliar a contribuição dos efluentes de carcinocultura no estuário do rio Potengi, Natal (RN)**. 2010. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-02062010-093706/>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

FIGUEREDO, M. C. B. et al. Impactos ambientais do lançamento de efluentes da carcinocultura em águas interiores. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 167-174, abr./jun. 2005.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: a study of significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, Alexandria, v. 27, n. 1, p. 3-26, mar. 1957.

GASPAR, M. B. et al. Shell morphometric relationships of the most common bivalve species (Mollusca: Bivalvia) of the Algarve coast (southern Portugal). **Hydrobiologia**, Berlim, v. 477, p. 73-80, 2002.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of seawater analysis**. 2. ed. Weinheim: Verlag Chemie, 1983.

JESUS, T. B. de et al. Análise biométrica do molusco *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) de Zonas estuarinas do Recôncavo Baiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 25., 2004, Brasília.

LAVANDER, H. D. et al. Biologia reprodutiva da *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 344-350, abr./jun. 2011.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MOUËZA, M.; GROS, O.; FRENKIEL, L. Embryonic, larval and postlarval development of the tropical clam, *Anomalocardia brasiliana* (Bivalvia, Veneridae). **Journal of Molluscan Studies**, Londres, v. 65, p. 73-88, 1999.

NARCHI, W. Ciclo anual da gametogênese de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia). **Bolm. Zool.**, São Paulo, p. 331-350, 1976.

NUNES, A. J. P. Tratamento de efluentes e recirculação de água na engorda de camarão marinho. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 71, p. 27-39, 2002.

POLI, C. R. et al. (Org.). **Aqüicultura: experiências brasileiras**. Florianópolis: Multitarefa, 2004.

RODRIGUES, A. M. L. **Ecologia populacional do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) em praias da região estuarina do Rio Apodi/Mossoró-RN**. 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal: Área de concentração: Aqüicultura e Ecologia Pesqueira) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2009.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal of Sedimentary Research**, Alexandria, v. 24, n. 3, p. 151-158, 1954.

TORRES, R. F. **Disponibilidade dos metais cobre e chumbo em um canal de maré receptor de efluentes de carcinicultura**. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

WALKLEY, A. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. **Soil Science**, Philadelphia, v. 63, n. 4, p. 251-263, abr. 1947.

4 ELEMENTOS TRAÇO EM SEDIMENTOS DE TANQUES DE CARCINICULTURA E EM ÁREAS ADJACENTES: O CASO DE SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA

RESUMO

O objetivo desse trabalho é avaliar as concentrações de elementos traço encontrado em sedimentos de fundo de tanque de carcinicultura e em bancos de areia (sedimento de planície de maré) próximos a esses tanques. Elementos traço são adicionados a tanques de carcinicultura (cultivo de camarão) através de fertilizantes, algicidas e a própria ração utilizada na alimentação dos camarões cultivados. Devido à contínua perda de água com sedimentos dos tanques ou no momento da despesca, esses elementos podem atingir regiões próximas, gerando seu acúmulo nas imediações da carcinicultura. Os sedimentos são considerados de grande importância na avaliação do nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos, pois o que é acumulado no sedimento atua como um testemunho do que ocorreu na coluna d'água. Na legislação brasileira não há critérios para avaliar a qualidade de sedimento em áreas estuarinas. Por isso, foram adotados nesse trabalho, os limites de qualidade do sedimento utilizado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução n. 454, de 01/11/2012 para sedimentos a serem dragados, que define níveis de classificação para estabelecer a qualidade de sedimentos. Foram analisados os parâmetros físico-químicos, granulométricos e elementos traço (Cu, Cr, Co, Mn, Pb, Zn, Ni, Fe, Cd, V, Ba) no banco de areia e tanques em duas coletas (ago/2011 e mar/12). As medidas descritivas das variáveis analisadas apresentaram alto grau de dispersão ($CV\% > 50\%$) para a maior parte dos parâmetros analisados. Verificou-se que os ambientes tanque e bancos de areia diferem para todos os parâmetros, à exceção da concentração de Mn. Os tanques apresentaram granulometria mais fina que os bancos de areia e os valores de M.O. foram elevados no sedimento de fundo de tanque. As concentrações dos elementos traço (determinadas através do ICP OES) encontradas nos sedimentos de tanques de carcinicultura e de bancos de areia estão abaixo dos valores do limiar da menor probabilidade de efeitos adversos à biota de acordo com a legislação citada.

Palavras-chave: elementos traço, sedimento, tanques de carcinicultura.

4.1 INTRODUÇÃO

Elementos traço, destacando-se Cu e Zn, são adicionados a tanques de carcinicultura (cultivo de camarões marinhos) através de impurezas presentes em calcários, fertilizantes e de compostos constituintes de agrotóxicos ou antibióticos que são aplicados diretamente nesses tanques ou nas imediações, bem como através das próprias rações utilizadas na alimentação dos camarões cultivados em sistema semi-intensivo (FRAGA, 2002; LACERDA et al., 2006,

2009; CUNHA, 2010). Esses elementos traço podem, devido à contínua perda de água com sedimentos dos tanques ou no momento da despesca, atingir regiões próximas, gerando seu acúmulo nas imediações da carcinicultura.

Na Bahia constatou-se o aumento de Cu e de Zn próximo à foz do rio Pardo em decorrência do cultivo de camarões marinhos na região. No Ceará ocorreu o mesmo no estuário do rio Jaguaribe (inferior) (LOPES, 2006). Ainda no Ceará, em sedimentos superficiais receptores de efluentes de carcinicultura no canal do Cumbe, os resultados da percentagem da biodisponibilidade para a concentração do Cu foram elevados. Nesse local foram registrados os maiores valores de oxigênio percentual e intensiva atividade fitoplanctônica, provavelmente associados às concentrações elevadas de nutrientes e de microorganismos oriundos dos efluentes da carcinicultura (TORRES, 2009). Destaca-se que fertilizantes utilizados nos viveiros de cultivo de camarão objetivam promover o desenvolvimento de alimento natural para as pós-larvas recém-estocadas e para os camarões, e possuem capacidade de aumentar as concentrações de nitrogênio e fósforo da água. Além disso, os resíduos da ração não consumida, após serem degradados em nutrientes inorgânicos pelos microorganismos, são convertidos em amônia, fosfato e dióxido de carbono (AZEVEDO, 2006; BARROS, 2006; AMORIM, 2009; FONSECA, 2009; AQUINO-JÚNIOR, 2011). Os elementos N, P, Cu e Zn apresentam importante presença em fazendas de carcinicultura em todo nordeste brasileiro (CUNHA, 2010).

A carcinicultura pode se constituir em uma atividade econômica impactante para os ambientes estuarinos devido ao contínuo lançamento de resíduos dos tanques de camarão para esses locais. Os resíduos do fundo dos tanques são compostos por restos alimentares, fezes e exúvia dos organismos mortos, de aspecto enegrecido e lamoso (BERGHEIM et al., 1996). Dentre os metais associados a esses efluentes da carcinicultura destacam-se o Zn e o Cu, tanto pelas quantidades associadas às rações e produtos químicos quanto pelo efeito tóxico que causa nos organismos em altas concentrações (PÁEZ-OSUNA et al., 1997; CUNHA, 2010).

Os sedimentos são considerados de grande importância na avaliação do nível de contaminação dos ecossistemas aquáticos, por isso a análise dessa matriz é de suma importância para a avaliação da qualidade dos corpos hídricos, pois o que é acumulado no sedimento atua como um testemunho do que ocorreu na coluna d'água, com a liberação de contaminantes por meio de trocas ambientais ou das condições físico-químicas (pH, oxigênio dissolvido, ação de bactérias, entre outros) do sistema, além de afetar a qualidade da água, pode contaminar os seres vivos pela bioacumulação através da cadeia trófica (LIMA, 2001; LÚCIO, 2009).

Na legislação brasileira não existem critérios estabelecidos para avaliar a qualidade dos sedimentos. Critérios interpretativos são utilizados em alguns estudos para avaliar sua qualidade (NASCIMENTO et. al, 2008; HORTELLANI et al., 2008; ISHIKAWA et al., 2009; LÚCIO, 2009; SIDDIQUE et al., 2009). Devido à falta de uma legislação específica, foram adotados neste trabalho, para comparação dos resultados obtidos, os limites de qualidade do sedimento utilizado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução n. 454, de 01/11/2012 (CONSELHO..., 2012) para sedimentos a serem dragados, que define dois níveis de classificação segundo efeitos adversos à biota para estabelecer a qualidade de sedimentos (Tabela 4.1) e determina também a quantidade de carbono orgânico total (COT), nitrogênio Kjeldahl (N) e fósforo total (P) do material a ser dragado (Tabela 4.2).

Tabela 4.1- Níveis de classificação do material a ser dragado (em unidade de material seco) (CONSELHO..., 2012).

Metais e Semi-metais	Água salina/salobra	
	Nível 1 * (mg Kg ⁻¹)	Nível 2 ** (mg Kg ⁻¹)
Cd	1,2	7,2
Pb	46,7	218
Cu	34	270
Cr	81	370
Ni	20,9	51,6
Zn	150	410

* Nível1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota;

** Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

Tabela 4.2- Valores orientadores para carbono orgânico total (COT) e nutrientes* (CONSELHO..., 2012).

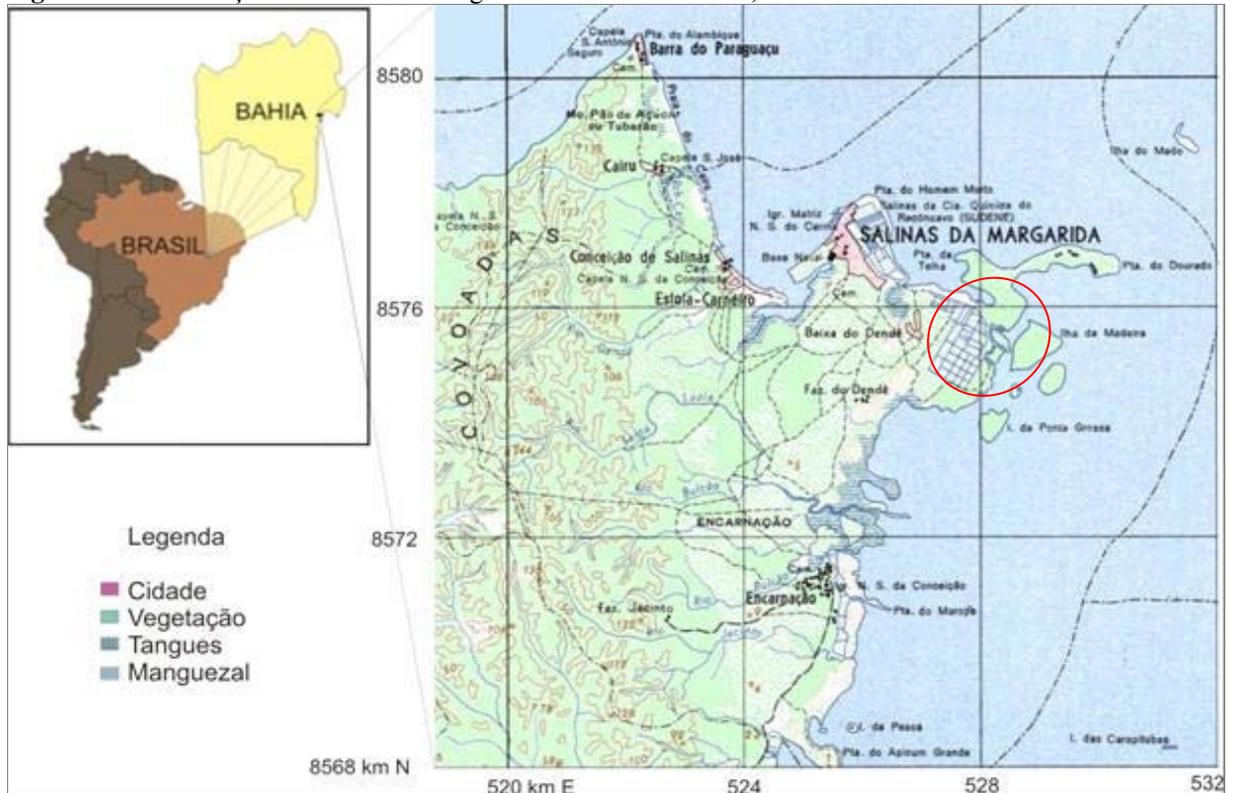
PARÂMETROS	VALOR ALERTA
Carbono Orgânico Total (%)	10
Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/Kg)	4800
Fósforo Total (mg/Kg)	2000

*A critério do órgão ambiental licenciador, o COT poderá ser substituído pelo teor de matéria orgânica. Ficam excluídos de comparação com a presente caracterização, os valores oriundos de ambientes naturalmente enriquecidos por matéria orgânica e nutrientes, como manguezais.

Em virtude de a carcinicultura constituir uma atividade econômica muito encontrada na área de estudo e poder ser impactante para os ambientes estuarinos devido ao contínuo lançamento de resíduos dos tanques de camarão para esses locais, este trabalho tem por objetivos avaliar as concentrações de elementos traço encontradas em sedimentos de fundo de tanque de carcinicultura e em bancos de areia (sedimento de planície de maré) próximos a esses tanques e comparar os valores obtidos com dados de referência legal (CONSELHO...,

2012). A área de estudo contempla a localidade de Madeiro, município de Salinas da Margarida, porção oeste da Baía de Todos os Santos, Bahia (Figura 4.1).

Figura 4.1- Localização de Salinas da Margarida no Estado da Bahia, Brasil.

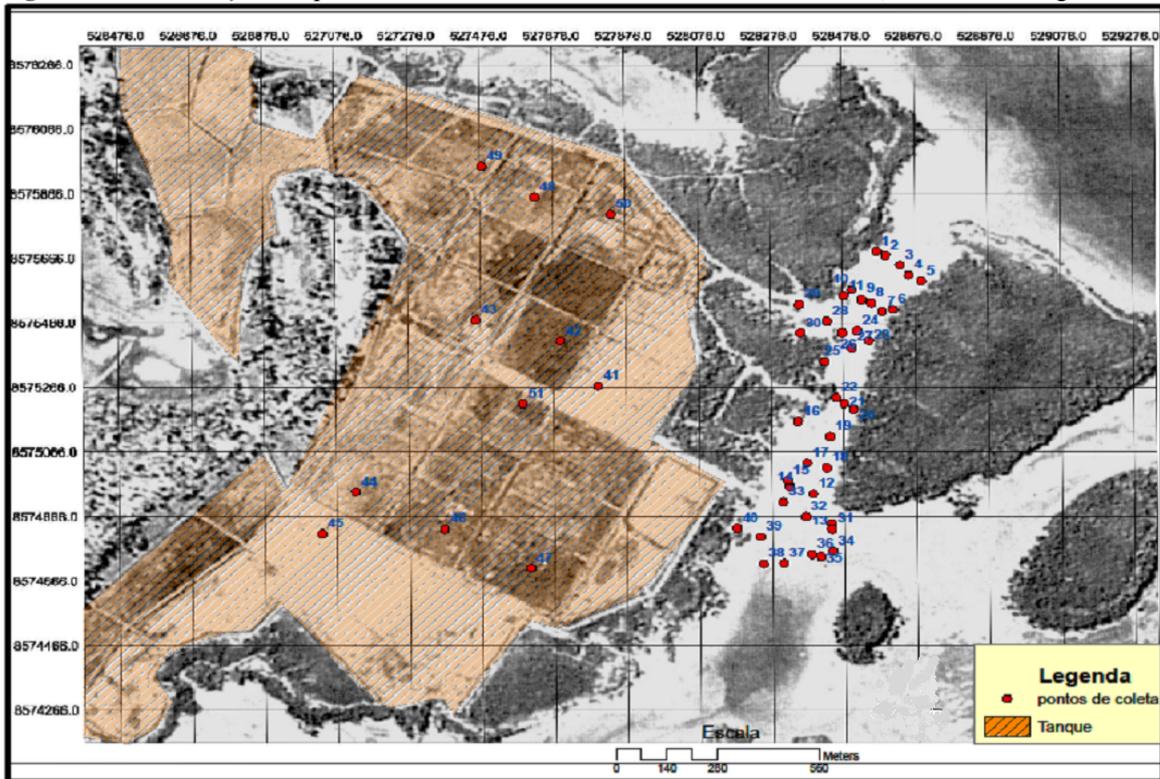


4.2 MATERIAS E MÉTODOS

Foram realizadas duas campanhas de coleta, uma em agosto de 2011 (após período de maior precipitação anual) e outra em março de 2012 (de menor precipitação) a fim de contemplar duas estações do ano. Todos os pontos foram georreferenciados com GPS e na 2ª campanha buscou-se coletar as amostras nos mesmos pontos da 1ª coleta; a localização dos pontos de coleta pode ser visualizada na Figura 4.2.

Foram coletadas 100 amostras de sedimento superficial distribuídas no banco de areia delimitado por manguezais, tanques de carcinicultura e oceano e 20 amostras foram coletadas no fundo dos tanques, necessitando mergulho quando os tanques estavam com água. As amostras foram compostas por três subamostras coletadas numa área de 0,25 m² (entorno do ponto amostral), com auxílio de uma pá plástica previamente ambientada, ou com auxílio de um recipiente em polipropileno no caso dos tanques com água.

Figura 4.2- Localização dos pontos amostrais coletados na localidade de Madeiro, Salinas da Margarida.



Durante a coleta foram medidos, na água superficial próxima e com o uso de uma sonda portátil multiparâmetros previamente calibrada (pH Meter, D-54, Horiba, Ltd), os parâmetros pH, Eh e condutividade. A salinidade foi medida com um refratômetro portátil (Hand-Refractometer, Atago). O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos etiquetados e transportado em frasqueiras térmicas, sob-refrigeração; em seguida foi congelado e então transportado até o Laboratório de Estudos de Manguenzal (LEM) do Núcleo de Estudos Ambientais (NEA) da Universidade Federal da Bahia.

Após liofilização (liofilizador L101-LIOTOP), as amostras foram maceradas, homogeneizadas e peneiradas para obtenção da fração menor que 2 mm. Frações maiores que 2 mm, composta por raízes, folhas, conchas e outras partículas, foram descartadas e as amostras foram acondicionadas em frascos plásticos descontaminado e armazenadas em ambiente climatizado para análises posteriores.

Foram analisados: N (nitrogênio)-total (método de Kjeldahl, descrito por EMBRAPA, 1997); P (fósforo) assimilável inorgânico (analisado pelo método de ASPILLA, 1976 e GRASSHOFF et al., 1983); M.O. (matéria orgânica, analisado pelo método do dicromato de potássio, WALKLEY, 1947, descrito pela EMBRAPA, 1997); granulometria (pré-tratamento das amostras segundo EMBRAPA, 1997 e análise por difração a laser em analisador de partículas modelo Cilas 1064).

Para determinação do K (potássio) inorgânico e elementos traço (Cu, Cr, Co, Mn, Pb, Zn, Ni, Fe, Cd, V, Ba) o material utilizado para a quantificação foi devidamente descontaminado e colocado em ácido nítrico (HNO₃) 15% v/v por 24 horas, em seguida enxaguado com água destilada e ultrapura (sistema Milli-Q). Foi realizada a digestão parcial, utilizando ácido nítrico, em forno microondas, segundo metodologia D5258-92 (*Standard Pratic for Acid - Extraction of Elements from Sediments Using Closed Vessel Microwave Heating* (AMERICAN..., 1992) adaptada ao manual do equipamento nº 11 (Manual de Microondas Provecto DGT 100 plus) (Quadro 4.1) utilizou-se 1,0 g de amostra de sedimento seco diretamente em camisas de teflon, adicionados 10 mL de HNO₃ (1:1) no Laboratório do LEM e no laboratório do LEMA (Laboratório de Estudos Ambientais) da Universidade Católica do Salvador. A determinação dos metais foi feita por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado - ICP OES modelo VISTA-PRO (Varian, Mulgrave, Austrália) no laboratório do grupo de Pesquisa em Química e Quimiometria do Instituto de Química da UFBA.

Quadro 4.1 - Programação do forno de microondas para extração dos metais nos sedimentos dos bancos de areia e tanques de carcinicultura de Salinas da Margarida- Bahia.

ETAPAS	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
TEMPO (minutos)	3	1	1	4	4
POTÊNCIA (Watts)	400	790	0	400	0

As análises foram validadas com análises de padrão internacional (CRM NIST 1646). A concentração e respectivos intervalos de confiança dos elementos constituintes desse material e os valores determinados nessa pesquisa constam na Tabela 4.1. A precisão das medidas realizadas foi verificada mediante o cálculo do desvio padrão relativo (RSD), cujos valores encontrados foram: 1,25% para K; 3,55% para Cu; 0,84% para Fe; 29,97% para Ni; 2,06% para Zn.

Tabela 4.1 - Resultados da análise do CRM NIST 1646 através do método proposto

ANALITO	VALOR OBTIDO	VALOR CERTIFICADO
Cu (mg kg ⁻¹)	9,33 ± 0,41	10,01 ± 0,34
Fe (%)	1,771 ± 0,251	2,008 ± 0,039
Ni (mg kg ⁻¹)	20 ± 5	23 ^a
Zn (mg kg ⁻¹)	51,4 ± 7,4	48,9 ± 1,6

^a valor não certificado (estimado)

Na Tabela 4.2 constam os valores para os limites de detecção e quantificação dos analitos certificados determinados nas soluções provenientes da digestão com aquecimento

em microondas (foram determinados para avaliar o desempenho dos procedimentos propostos). As condições de operação do ICP OES com configuração axial constam no Quadro 4.2.

Tabela 4.2 - Limites de detecção (LOD) e de quantificação (LOQ) para os analitos digeridos pelo método proposto e determinados por ICP OES (aplicados aos analitos validados para as amostras de sedimentos)

ANALITO	LOD (ng g ⁻¹)	LOQ (ng g ⁻¹)
Ba	0,89	2,96
Cd	0,95	3,15
Cr	16,32	54,40
Cu	3,36	11,21
Fe	25,86	86,20
Mn	1,11	3,69
Ni	4,15	13,85
V	1,61	5,36
Zn	6,51	21,69
As	12,51	41,70

Quadro 4.2 - Condições de operação do ICP OES com configuração axial

PARÂMETROS	ESPECIFICAÇÕES
Potência	1300 W
Vazão do plasma	15,0 L min ⁻¹
Vazão do gás auxiliar	1,5 L min ⁻¹
Vazão do nebulizador	0,8 L min ⁻¹
Sistema de nebulização	V-Groove com câmara de spray de PTFE
Linhas espectrais selecionadas	ISSO VCS

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4.3 são apresentadas as medidas descritivas das variáveis analisadas. Devido o alto grau de dispersão (CV% > 50%) da maior parte dos parâmetros analisados, a utilização das médias tornou-se inviável. Com o objetivo de verificar se houve diferenças nas medianas dos parâmetros nos ambientes analisados, foi procedido o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, sendo que muitas variáveis não apresentaram distribuição normal. Com base no p-valor (<0,05) pode-se afirmar que há diferenças entre as medianas dos elementos analisados comparando-se os ambientes tanques de carcinicultura e bancos de areia.

Verifica-se que os ambientes tanque e bancos de areia diferem para todos os parâmetros, à exceção da concentração de Mn.

Tabela 4.3 - Medidas descritivas das variáveis analisadas em sedimentos de bancos de areia e de fundos de tanque de carcinicultura, Salinas da Margarida, Bahia; *p*-valor para o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis

Variáveis	Banco de areia			Tanques de carcinicultura			<i>p</i> -valor
	Média ±D.P.	Mín-Máx	CV%	Média ±D.P.	Mín-Máx	CV%	
pH	7,77 ± 0,39	7,0 - 8,94	5,02	8,42 ± 0,40	7,2 - 8,99	4,75	0,000
Eh	-56,24 ± 20,28	-102,00 - (-10,00)	0,69	-94,00 ± 24,33	-135,00 - (-18,00)	0,43	0,000
Cond. (µS.cm ⁻¹)	2,23 ± 1,57	0,0 - 8,20	70,40	3,45 ± 1,75	0,0 - 5,09	50,72	0,001
Sal. (mgL ⁻¹)	34,56 ± 4,23	15 - 43	12,24	37,52 ± 3,32	30,0 - 42,00	8,85	0,006
M.O. (%)	1,58 ± 1,09	0,00 - 5,77	68,99	3,42 ± 2,62	0,49 - 8,93	76,61	0,001
N (%)	0,05 ± 0,04	0,00 - 0,20	80,00	0,23 ± 0,24	0,0 - 0,86	104,35	0,000
P (mg kg ⁻¹)	44,04 ± 30,37	7,43 - 183,39	68,96	651,76 ± 846,59	2,4 - 3147,70	129,89	0,003
K (mg kg ⁻¹)	615,29 ± 439,61	144,15 - 1978,16	139,96	1764,36 ± 1896,13	305,1 - 7057,44	107,47	0,001
Ba (mg kg ⁻¹)	1,67 ± 1,88	0,10 - 10,39	112,57	6,51 ± 7,84	0,6 - 25,90	129,43	0,000
Cd (mg kg ⁻¹)	0,08 ± 0,05	0,00 - 0,24	62,50	0,21 ± 0,19	0,04 - 0,63	90,48	0,000
Cr (mg kg ⁻¹)	3,42 ± 2,90	0,01 - 0,93	84,80	8,46 ± 10,09	0,93 - 37,22	119,27	0,013
Cu (mg kg ⁻¹)	1,67 ± 1,20	0,44 - 6,64	71,86	5,97 ± 5,02	1,45 - 18,74	84,09	0,000
Fe (%)	1376,55 ± 1153,68	113,54 - 5919,03	83,81	4532,38 ± 4117,63	647,20 - 12876,42	90,85	0,000
Mn (mg kg ⁻¹)	7,04 ± 5,76	0,46 - 30,34	81,82	11,61 ± 11,02	2,82 - 36,61	94,92	0,090
Ni (mg kg ⁻¹)	1,26 ± 0,90	0,26 - 4,46	71,43	3,00 ± 2,97	0,51 - 10,39	99,00	0,002
Co (mg kg ⁻¹)	0,36 ± 0,26	0,01 - 1,36	75,00	0,80 ± 0,73	0,11 - 2,27	91,25	0,001
Pb (mg kg ⁻¹)	1,93 ± 1,72	0,12 - 12,77	89,12	4,48 ± 3,57	0,92 - 11,15	79,69	0,000
V (mg kg ⁻¹)	2,47 ± 1,60	0,22 - 7,34	64,78	8,13 ± 6,94	0,95 - 22,43	85,36	0,000
Zn (mg kg ⁻¹)	4,19 ± 4,39	0,22 - 19,86	104,77	18,72 ± 17,82	3,49 - 65,97	95,19	0,000
Areia (%)	79,07 ± 25,75	0,00 - 98,83	32,57	62,42 ± 27,58	14,60 - 96,34	32,57	0,001
Silte (%)	13,91 ± 14,26	0,00 - 62,48	102,52	36,70 ± 26,89	3,42 - 83,44	44,18	0,000
Argila (%)	0,35 ± 1,37	0,00 - 11,73	391,43	0,89 ± 0,77	0,05 - 2,52	86,52	0,000

Os tanques de carcinicultura apresentaram granulometria mais fina (silte + argila = 37,59%) que os bancos de areia (14,26%) nos quais as variações dos níveis das marés criam correntes que transportam os sedimentos mais finos, exportando-os das áreas de maior energia (circulação) e depositando-os nos manguezais ou exportando-os do sistema local. De acordo com a Associação Brasileira dos Criadores de Camarão (2001) e Nunes (2002), recomenda-se que no fundo dos tanques dos viveiros, a cada ciclo de engorda, seja realizado tratamento no sentido de recompor a qualidade do solo. Normalmente as empresas do nordeste do Brasil trabalham com três ciclos de produção ao ano, tendo, cada ciclo, duração de 120 dias. A produção de camarão ocorre entre 90 a 120 dias, quando estão prontos para a despesca. Os 20 a 30 dias restantes são reservados para limpeza, desinfecção e preparo dos viveiros para novo ciclo (AZEVEDO, 2006). Estes tratamentos se resumem no esvaziamento completo da água dos viveiros após a despesca, secagem do solo ao sol, calagem (adição de corretivos de acidez), revolvimento de sedimento acumulado (raspagem) e o revolvimento que permite a revirada das camadas mais profundas do solo, expondo-as ao contato com o ar. O revolvimento visa melhor incorporação dos corretivos e aumento da mineralização do material orgânico acumulado no sedimento de fundo do tanque, cuja decomposição em ambiente redutor (quando o tanque encontra-se com água, em produção) consome oxigênio e, por conseguinte, diminui a quantidade de oxigênio dissolvido, o que é prejudicial para o cultivo dos camarões. Além disso, a exposição dos sedimentos de fundo pode levar à oxidação de compostos com enxofre, levando à formação de ácido sulfúrico que reduz o pH, e que deve ser aumentado através da calagem.

Os valores de M.O. são elevados no sedimento de fundo de tanque devido aos resíduos orgânicos, o que também justifica, parcialmente, a grande diferença de nutrientes (N, P e K). Essa diferença está associada principalmente ao uso de rações e de fertilizantes, sobretudo fosfatados, que visam promover o desenvolvimento de alimento natural para as pós-larvas recém-estocadas e para os camarões (NUNES, 2002; CUNHA, 2006). Em uma ração comercial (INTEGRALMIX, 2013), os níveis mínimos de alguns elementos, por kg de ração, são: P - 5000mg; Fe - 16 mg; Cu - 40 mg; Co - 0,24 mg; Mn - 32 mg; Zn - 120 mg; Cr - 0,64 mg.

A distribuição de rações em viveiros de engorda podem ser manualmente a lanço em áreas pré-definidas do viveiro ou através da colocação de ração exclusivamente em bandejas de alimentação ou comedouros, instalados em toda área de cultivo. O número de refeições diárias e a densidade das bandejas de alimentação decorrem da densidade de estocagem de camarões e fase de cultivo; por exemplo, se a densidade de estocagem for > 80 camarão/m²,

serão 6 refeições com intervalo de aproximadamente 3 horas; com mais de 120 bandejas/ha, serão utilizados mais de 50Kg/ha/dia de ração (PRINCÍPIOS...,2005).

Decorrente dessas práticas de cultivo há significativo acúmulo de elementos traço nos sedimentos de fundo dos tanques, em relação aos bancos de areia de origem marinha adjacentes.

A comparação dos níveis das concentrações de alguns elementos traço encontradas nos sedimentos de tanques de carcinicultura e de bancos de areia com limites de qualidade para sedimentos a serem dragados (CONSELHO..., 2012) mostra que, em ambos os ambientes estudados, os valores de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn estão abaixo dos valores do limiar da menor probabilidade de efeitos adversos à biota (Tabela 4.4). Em relação aos outros elementos (Ba, Fe, Mn, V e Co) não há definição específica para comparação dos seus valores.

Tabela 4.4 - Níveis de classificação do material a ser dragado (em unidade de material seco) e o presente estudo (CONAMA, 2012).

Elementos traço	Água salina/salobra		Presente estudo	
	Nível 1 (mg Kg ⁻¹)*	Nível 2 (mg Kg ⁻¹)**	Banco de areia	Tanque
Cd	1,2	7,2	0,08	0,21
Pb	46,7	218	1,93	4,48
Cu	34	270	1,67	5,97
Cr	81	370	3,42	8,46
Ni	20,9	51,6	1,26	3,00
Zn	150	410	4,19	18,72

*Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota;

**Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

4.4 CONCLUSÃO

As análises de diversos parâmetros realizadas sobre sedimentos de fundo de tanque de carcinicultura e de bancos de areia adjacentes às atividades de criação de camarões marinhos evidenciou o acúmulo de M.O., N, P, K e outros elementos (Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Co, Pb, V, Zn) nos tanques. A literatura aponta geralmente para o acréscimo de N, P, Cu e Zn, porém outros elementos também merecem atenção nesses estudos.

Apesar de haver esse acúmulo, não há limites legais específicos para avaliação da qualidade desses sedimentos. Comparando-se com os limites estabelecidos para sedimentos de dragagem, os valores médios obtidos nos tanques permanecem abaixo dos valores de

efeitos adversos à biota; porém o valor máximo de P encontrado em sedimento de tanque (3.147 mg kg^{-1}) ultrapassou o valor de alerta (2.000 mg kg^{-1}) da Resolução CONAMA n. 454/12 considerada que trata, inclusive, dos limites de metais traço em sedimentos de dragagem (CONSELHO..., 2012), resolução esta que foi utilizada devido à falta de normas específicas para sedimentos no país. Considerando que o P pode ser problema em caso de estuário fechado, com baixa troca de água, é importante monitorar a concentração e destino desse elemento. Esse, porém, não é o caso do Madeiro, que sofre grande influência da maré.

4.5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE CAMARÃO. **Código de conduta e de boas pratica de manejo para uma carcinicultura ambientalmente sustentável e socialmente responsável**. 2001. Disponível em: <<http://www.abccam.com.br/abcc/estatisticas>>. Acesso em: 20 maio 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard practice for Extraction of trace elements from sediments**. West Conshohocken: ASTM, v. 11, n. 2, 1992.

AMORIM, D. M. C. M. **Diagnóstico dos impactos socioambientais no manguezal do rio Acaraú (Ceará – Brasil) devido à carcinicultura**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Mar – Recursos Marinhos) - Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar, Universidade do Porto, Porto, 2009.

AQUINO JUNIOR, F. de. **A criação de camarão em cativeiro no Brasil: impactos sócio-ambientais**. 2004. Disponível em: < <http://www.adital.com.br/site/noticia2.asp?lang=PT&cod=14086>>. Acesso em: 14 maio 2011.

ASPILA, K. I.; AGEMIAN, H.; CHAU, A. S. Y. A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. **Analyst**, Londres, v. 101, p. 187-197, 1976.

AZEVEDO, V. C. S. **Carcinicultura: parâmetros integrativos como instrumentos de prevenção de impactos**. 2006. 160 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2006.

BARROS, S. R. R. C. **Estudo da partição de metais traço em uma linha d'água em um tanque de cultivo de camarão marinho do município de Santa Rita/PB. João Pessoa**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

BERGHEIM , A.; ASGARD, T. Waste production from aquaculture. In: BAIRD, D. J. et al. (Edt.). **Aquaculture and water resource management**. Oxford: Wiley-Blackwell, 1996. p. 50-80.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 454, de 1 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. **Diário Oficial**, Brasília, n. 216, p. 66, 8 nov. 2012. Seção 1. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=66&data=08/11/2012>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

CUNHA, M. C. S. **Contribuições da engenharia costeira para a carcinicultura**. 2006. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CUNHA, P. E. V. **Aplicação da metodologia para estimativa do fator de emissão - nutrientes e metais pesados - para avaliar a contribuição dos efluentes de carcinicultura no estuário do rio Potengi, Natal (RN)**. 2010. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-02062010-093706/>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

FONSECA, L. V. **Capacidade de retenção de fósforo e material particulado em suspensão por manguezal de área impactada por efluentes da carcinicultura**. 2009. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

FRAGA, A. P. C. **Caracterização da qualidade da água, dos sedimentos e dos efluentes gerados pela atividade de carcinicultura marinha, em duas fazendas no Estado de Santa Catarina**. 2002. 30 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of seawater analysis**. 2. ed. Weinheim: Verlag Chemie, 1983.

HORTELLANI, M. A. et al. Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do Estuário Santos-São Vicente. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 10-19, 2008.

INTEGRALMIX. **Camarão rações: Aquamix 40% TO**. Disponível em: <<http://www.integralmix.com.br/samba/Rações/Camarão-Rações/>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

ISHIKAWA, D. N. et al. Avaliação do risco ambiental em sedimentos dos lagos do Riacho Cambe, em Londrina, pela distribuição de metais. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1744-1749, 2009.

LACERDA, L. D. Inputs of nitrogen and phosphorus to estuaries of Northeastern Brazil from intensive shrimp farming. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, v. 10, n. 2, p. 13-27, 2006.

LACERDA, L. D.; SANTOS, J. A.; LOPES, D. V. Fate of copper in intensive shrimp farms: bioaccumulation and deposition in pond sediments. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 69, n. 3, p. 851-858, 2009.

LIMA, M. C. et al. Especificação de cobre e chumbo em sedimento do Rio Tubarão (SC) pelo método Tessier. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 734-742, 2001.

LÚCIO, M. M. L. M. **Avaliação preliminar do efeito da carcinicultura sobre o sedimento de um trecho do Rio da Ribeira, Santa Rita-PB**. 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

LOPES, D. V. **Acúmulo de metais traço cobre (Cu) e zinco (Zn) em viveiros de cultivo de camarão (*Litopenaeus vannamei*)**. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

NASCIMENTO, M. R. L.; MOZETO, A. A. Reference values for metals and metalloids concentrations in bottom sediments of Tietê River Basin, Southeast of Brazil. **Soil and Sediment Contamination**, Londres, v. 17, n. 3, p. 269-278, 2008.

NUNES, A. J. P. Tratamento de efluentes e recirculação de água na engorda de camarão marinho. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 71, p. 27-39, 2002.

PÁEZ-OSUNA, F. et al. Fluxes and mass balances of nutrients in a semi-intensive shrimp farm in North-western México. **Marine Pollution Bulletin**, Berlim, v. 34, n. 5, p. 290-297, 1997.

SIDDIQUE, A. et al. Heavy metal toxicity levels in the coastal sediments of the Arabian Sea along the urban Karachi (Pakistan) region. **Marine Pollution Bulletin**, Berlim, v. 58, n. 9, p. 1406-1419, 2009.

TORRES, R. F. **Disponibilidade dos metais cobre e chumbo em um canal de maré receptor de efluentes de carcinicultura**. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

WALKLEY, A. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. **Soil Science**, Philadelphia, v. 63, n. 4, p. 251-263, abr. 1947.

5 BIOACUMULAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO NOS MOLUSCOS *ANOMALOCARDIA BRASILIANA* EM ÁREA SOB INFLUÊNCIA DE EFLUENTES DA CARCINICULTURA

RESUMO

Os moluscos bivalves são utilizados como indicadores de poluição por elementos traço devido as suas características biológicas e a sua distribuição geográfica. O sedimento nas zonas entre marés onde são encontrados esses organismos podem ser fonte de contaminação de elementos traço, esses elementos são permanentemente fixados pelos sedimentos e podem ser redistribuídos à coluna d'água através de alterações do meio. Assim, a determinação de elementos traços em sedimentos nos permite detectar acréscimo de contaminação a que a água está sujeita, bem como a que os organismos bentônicos também estão. Apesar de alguns elementos traço serem essenciais aos seres vivos, como Mg, Fe, Zn, Cu, Co, Mb, B, em altas concentrações geralmente podem ser tóxicos. Diversos fatores podem estar associados à variação na concentração quantitativa de elementos traços em moluscos, tais como: as características físico-químicas do seu habitat; granulometria do sedimento onde vivem dentre outros. A espécie em estudo é um molusco bivalve lamelibrânquio, *A. brasiliiana* conhecido pelas comunidades marisqueiras por diferentes nomes: “berbigão”, “papa-fumo” dentre outras denominações e “chumbinho” como é conhecido no município em estudo. O objetivo deste trabalho é verificar se ocorre bioacumulação de elementos traço (Cu, Cr, Co, Mn, Pb, Zn, Ni, Ba, Fe, Cd, V) por esses moluscos em área sob influência de efluentes da carcinicultura. Para tanto foram determinadas as concentrações de metais traço através do ICP OES em sedimentos (onde os moluscos vivem) e nos moluscos. Foram realizadas duas coletas, uma após período chuvoso (agosto, 2011) e outra após período de baixa precipitação (período “seco”, março, 2012). A partir desses dados foi calculado o Fator de Bioacumulação (FBC). Os moluscos *A. brasiliiana* acumularam elementos traços em uma mesma ordem de bioacumulação nos períodos chuvoso e seco: $Zn > Cd > Cu > Ni > Mn$. No período chuvoso ocorreu maior bioacumulação dos elementos Zn, Cu, Ni e Cd do que o período seco.

Palavra-chave: elementos traço, carcinicultura, sedimento.

5.1 INTRODUÇÃO

Os sedimentos (sólidos suspensos ou depositados que atuam como o principal componente de uma matriz, que foi ou é susceptível ao transporte pelas águas) são reconhecidos como transportadores e possíveis fontes de contaminação dos sistemas aquáticos, como consequência de trocas ambientais ou das condições físico-químicas (pH, oxigênio dissolvido, ação de bactérias, entre outros) do sistema, afetando a qualidade da água e originando bioacumulação e transferência na cadeia trófica (LIMA, 2001; PEREIRA et al., 2007). A disponibilidade dos elementos traço nos sedimentos depende da interação ligante/suporte. Como exemplo de importantes suportes geoquímicos há os óxidos de Fe, de Mn, matéria orgânica (ácidos húmicos) e sulfetos metálicos (JESUS et al., 2004).

Os elementos traço em sedimentos podem existir em diferentes formas químicas. Quando não há ação antrópica, estes elementos podem estar ligados aos silicatos e aos minerais primários e, portanto, com baixo grau de mobilidade. Quando incorporados a partir de atividades antrópicas apresentam maior mobilidade e estão preferencialmente ligados a outras fases do sedimento, como carbonatos, óxidos, hidróxidos e sulfetos. Diferentes variáveis como a gênese dos sedimentos e os processos que controlam o transporte e a redistribuição dos elementos, como adsorção, dessorção, precipitação, solubilização e floculação, determinam o comportamento desses ambientes (PEREIRA et al., 2007). Assim, a determinação de elementos traços em sedimentos nos permite detectar acréscimo de contaminação a que a água está sujeita, bem como a que os organismos bentônicos também estão (LIMA, 2001).

Apesar de alguns elementos traço serem essenciais aos seres vivos, como Mg, Fe, Zn, Cu, Co, Mb, B, em altas concentrações geralmente podem ser tóxicos (REINFELDER et al., 1998). A toxicidade de um poluente é determinada por sua forma de ligação específica e não somente de sua taxa de acumulação. Portanto, é possível o sedimento estar contaminado por um metal (com concentração maior que o natural), mas não apresentar efeito tóxico, o que depende da disponibilidade do metal no sedimento (OLIVEIRA, 2006).

Alguns autores têm utilizado os moluscos bivalves como indicadores de poluição por elementos traço por apresentarem distribuição abundante, fácil coleta e são sésseis, servindo para o monitoramento da contaminação ambiental (GIFFORD et al., 2005; SOKOLOWSKI et al., 2004; COIMBRA, 2003; CAVALCANTI, 2003; MACHADO et al. 2002). A espécie em estudo é um molusco bivalve lamelibrânquio, *A. brasiliana* (Gmelin, 1791) conhecido pelas comunidades marisqueiras por diferentes nomes: berbigão, papa-fumo, chumbinho, vôngole, samanguaiá, maçunim, marisco pedra (NARCHI, 1972). Sua distribuição geográfica inclui desde as Índias ocidentais até o Uruguai, ocorrendo ao longo de toda costa brasileira (BOFFI, 1979; RIOS, 1994; AVIEIRO, 2007). É um bivalve euritérmico e eurialino, com grande resistência à deficiência de oxigênio, características essas que facilitam a exploração humana, transporte e comercialização da espécie (SCHAEFFER-NOVELLY, 1976; ARRUDA-SOARES et al., 1982; ARRUDA et al., 2003).

Em estudos realizados por Peso-Aguiar et al. (1991), a *A. brasiliana* demonstrou habilidade indicadora, revelando de modo significativo o grau de contaminação nos diferentes pontos a partir de uma fonte poluidora.

Diversos fatores podem estar associados com a variação na concentração quantitativa de elementos traços em moluscos, tais como: as características físico-químicas do seu habitat;

granulometria do sedimento onde vivem; características hidrológicas do sistema; a estação do ano; a concentração do contaminante no compartimento abiótico; a localização do organismo na zona entre marés; a classe de tamanho; o estado nutricional; fisiológico e reprodutivo; o sexo e idade dos animais; as diferentes taxas de absorção aos diferentes metais pelos organismos (BERTHET et al., 1992; RIGET et al., 1996; MEYER et al., 1998; ABBE et al., 2000; OEHLMANN et al. 2003).

O objetivo deste trabalho é verificar se ocorre bioacumulação de elementos traço (Cu, Cr, Co, Mn, Pb, Zn, Ni, Ba, Fe, Cd, V) por esses moluscos em área sob influência de efluentes da carcinicultura. Para tanto serão determinadas as concentrações de elementos traço em sedimentos onde os moluscos vivem e nos moluscos. A partir desses dados será calculado o Fator de Bioacumulação (FBC) que corresponde a constante de proporcionalidade que relacionam o teor de uma substância nos organismos aquáticos e na água ambiente, representando a incorporação a partir de todas as rotas possíveis, como ocorre na natureza (BIOACCUMULATION..., 2000).

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se no município de Salinas da Margarida-BA na localidade de Madeiro (38°44'05"W; 12°53'11"S). A superfície estudada, que corresponde a bancos de areia que ficam expostos ao ar durante maré baixa, local de maior extrativismo do molusco *A. brasiliiana* no município, encontra-se próximo a áreas de manguezal e de tanques de carcinicultura (Figura 5.1).

A coleta foi realizada em duas campanhas, uma após o período chuvoso (agosto/2011) e outra após um período de menor precipitação (período seco, março/2012). Com base nos dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia da estação meteorológica de Salvador (INMET, 2013), as precipitações que antecederam (120 anteriores) a 1ª campanha totalizaram 839 mm, e a 2ª campanha, 272 mm.

Os moluscos foram coletados manualmente no sedimento a uma profundidade de aproximadamente 5 cm com auxílio de um quadrado de 50 x 50 cm. A coleta foi realizada com o auxílio de uma pá plástica, peneira plástica e jereré (aro circular com diâmetro de 30 cm este preso a um cabo de 30 cm com malha de tamanho de 10 a 12 mm) (Figura 5.2).

Figura 5.1- Localização de Salinas da Margarida no Estado da Bahia, Brasil

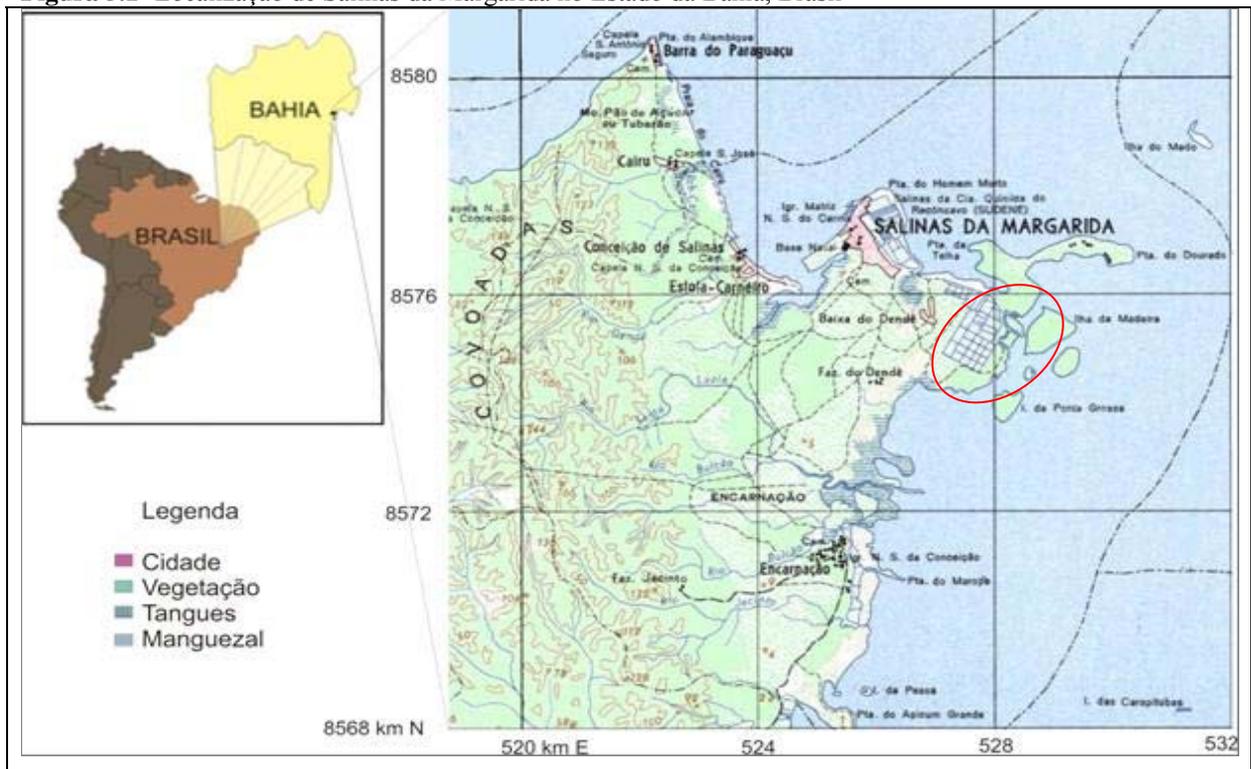


Figura 5.2 - Coleta dos moluscos no banco de areia, Salinas da Margarida.



Todos os moluscos coletados foram lavados com a água do mar para retirada de sedimentos, acondicionados em sacos plásticos identificados, colocados em frascos térmicos e transportados para o Laboratório de Estudos de Manguezal (LEM) do Núcleo de Estudos Ambientais (NEA) do IGEO/UFBA para análise posterior.

Os moluscos de cada amostra e campanha foram contados para verificar a abundância em cada ponto. Após a contagem, foram retirados, de cada amostra, 30 indivíduos de maneira aleatória. Para algumas amostras, onde foram encontrados menos de 30 indivíduos, utilizaram-se todos os indivíduos. As amostras foram pesadas com a concha em balança com

precisão 0,001 mg. Após a pesagem, os tecidos moles foram retirados, pesados e as amostras foram congeladas. Após congelamento, foi realizado o pré-tratamento: liofilização (liofilizador L101-LIOTOP), homogeneização e maceração com o auxílio de um almofariz e um pistilo de vidro.

Após o pré-tratamento as amostras sofreram digestão total que consistiu em pesar 0,3 g aproximadamente do tecido triturado (peso seco) na camisa de teflon, onde foram adicionados 5 mL de HNO₃ a 65% e 3 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) concentrado (30%), segundo metodologia adaptada ao manual do equipamento n° 24, Manual de Microondas Provecto DGT 100 plus. As amostras digeridas foram transferidas para um balão volumétrico e avolumadas (25 mL) com água ultra pura e armazenada em frascos plásticos de 30 mL para posterior quantificação de elementos traço.

As amostras de sedimento superficial foram obtidas no mesmo local de coleta dos moluscos, e foram coletadas com o auxílio de uma pá plástica previamente ambientada. Todo material coletado foi acondicionado em sacos plásticos etiquetados e transportados em frasqueiras térmicas, sob-refrigeração até a chegada ao laboratório (LEM), quando então foram congeladas.

As amostras foram liofilizadas (liofilizador L101-LIOTOP) secas, maceradas, homogeneizadas e peneiradas para obtenção da fração menor que 2 mm. As frações maiores que 2 mm, composta por raízes, folhas, conchas e outras partículas, foram descartadas, e as amostras acondicionadas em frascos plásticos descontaminado e armazenadas em ambiente climatizado para posterior determinação de elementos traço (Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Ni, Ba, Fe, Cd, V).

Para a quantificação de elementos traço em sedimento, foi realizada a digestão parcial, utilizando ácido nítrico, em forno microondas, segundo metodologia D5258-92 (*Standard Pratic for Acid - Extraction of Elements from Sediments Using Closed Vessel Microwave Heating* (AMERICAN..., 1992) segundo metodologia adaptada ao manual do equipamento n° 11 (Manual de Microondas Provecto DGT 100 plus) utilizou-se 1,0 g de amostra de sedimento seco diretamente em camisas de teflon, adicionados 10 mL de HNO₃ (1:1) no Laboratório do LEM e no laboratório do LEMA (Laboratório de Estudos Ambientais) da Universidade Católica do Salvador.

Todo o material utilizado para a quantificação de elementos traço foi devidamente descontaminado e colocado em ácido nítrico (HNO₃) 15% v/v por 24 horas e em seguida enxaguada com água destilada e ultra pura (sistema Milli-Q). O controle de qualidade das

amostras de biota e de sedimento foi realizado com duplicatas (20% do total das amostras) e triplicatas (10% do total das amostras), além do branco.

Para a quantificações de elementos traços nos moluscos e nos sedimentos (Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Ni, Ba, Fe, Cd, V) foram realizadas as leituras em um espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES), modelo (Varian, Mulgrave, Austrália) no laboratório do grupo de Pesquisa em Química e Quimiometria do Instituto de Química da UFBA. A espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado é uma técnica analítica multielementar amplamente utilizada para a determinação de elementos químicos em diferentes tipos de matrizes.

As análises foram validadas com análises de padrões internacionais de moluscos (CRM NIST 1566) e de sedimentos marinhos (CRM NIST 1646). Os valores de recuperação de elementos traço para moluscos foram de 88% para Ba, 94% para Cd, 97% para Cu e Mn, 93% para Fe, 87,5% para Ni, 108% para V e 98% para o Zn. Os valores de recuperação para sedimentos foram de 93% para o Cu, 88% para o Fe e Ni, e 105% para o Zn.

A precisão das medidas realizadas foi verificada mediante o cálculo do desvio padrão relativo (RSD), cujos valores encontrados foram: 1,25% para K; 5,55% para Cd; 3,55% para Cu; 12,33 para Cr; 0,84% para Fe; 1,63% para Mn; 29,97% para Ni; 16,78 % para Pb; 2,09% para V; 2,06% para Zn.

Na Tabela 5.1 são apresentados os valores para os limites de detecção e quantificação dos analitos determinados nas soluções provenientes das digestões parciais e totais realizadas, determinados para avaliar o desempenho dos procedimentos realizados.

Com os dados da concentração de elementos traço nos moluscos e nos sedimentos, foi calculado o fator de bioacumulação (FBC) organismo/sedimento através da equação: $FBC = C_{org} / C_s$, onde C_{org} = concentração do metal no organismo e C_s = concentração do metal no sedimento (CALMANO et al., 1996).

Tabela 5.1 - Limites de detecção e quantificação para os analitos digeridos pelo método proposto e determinados por ICP OES (aplicados aos analitos validados para as amostras de moluscos e sedimentos).

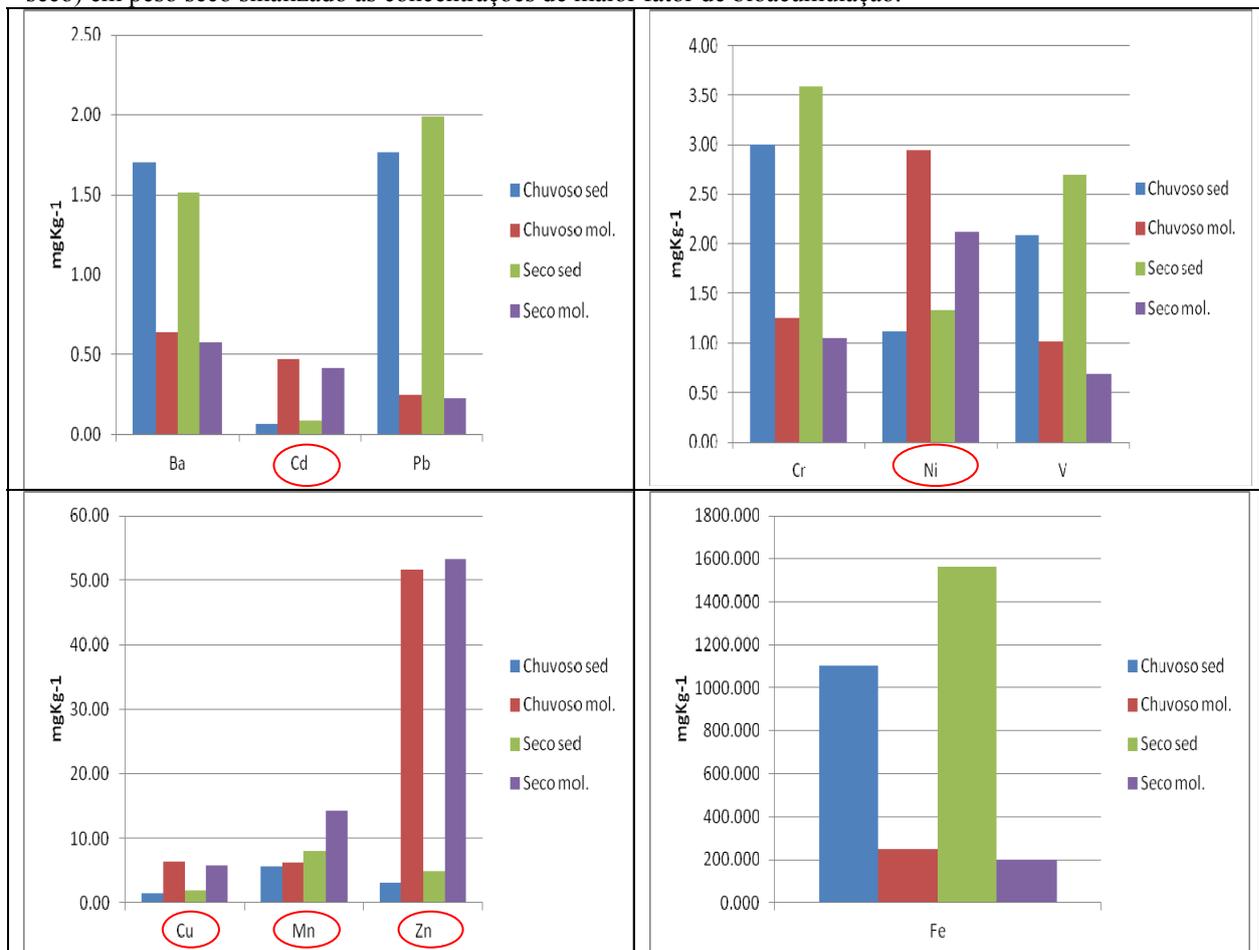
ANALITO	LOD (ng g ⁻¹)	LOQ (ng g ⁻¹)
Ba	0,89	2,96
Cd	0,95	3,15
Cr	16,32	54,40
Cu	3,36	11,21
Fe	25,86	86,20
Mn	1,11	3,69
Ni	4,15	13,85
V	1,61	5,36
Zn	6,51	21,69

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5.2 e Figura 5.3 são apresentadas as médias das concentrações de elementos traço em sedimentos e moluscos (base em peso seco) para as duas coletas (períodos chuvoso e seco).

[Tabela 5.2 – próxima página]

Figura 5.3. Médias de concentração de elementos traços em sedimento e moluscos nos períodos (chuvoso e seco) em peso seco sinalizado as concentrações de maior fator de bioacumulação.



Nota-se que há diferenças estatísticas entre os períodos (p -valor < 0,05).

Nos sedimentos, exceto para o Ba, todos os outros elementos apresentaram concentrações maiores no período seco, o que pode decorrer da menor diluição, pela água pluvial, dos elementos traço, dada a menor precipitação no período que antecedeu a coleta).

Já para os moluscos ocorre o contrário: a maior concentração de Ba, Pb, Cr, V, Cu, Ni, Cd e Fe ocorre no período chuvoso; somente para o Mn e Zn que a maior concentração está no período seco. A concentração indicada pelo animal não é apenas função da concentração

Tabela 5.2 – Médias, mínimo e máximo das concentrações de elementos traços e o fator de bioacumulação (FBC) para os moluscos com base em peso seco.

Elemento	Período Chuvoso			Período Seco			<i>p</i> -valor
	Sedimento	Molusco	FBC	Sedimento	Molusco	FBC	
Ba	1,70 (0,25-10,40)	0,64 (0,29-1,34)	0,38	1,52 (0,11-8,10)	0,58 (0,26-2,21)	0,38	0,464
Cd	0,07 (0,00-0,24)	0,47 (0,33-0,74)	7,13	0,09 (0,00-0,24)	0,42 (0,30-0,66)	4,72	0,038
Cr	2,30 (0,28-10,28)	1,25 (0,13-2,36)	0,42	3,59 (0,00-14,21)	1,05 (0,00-2,30)	0,29	0,000
Cu	1,46 (0,44-5,51)	6,40 (3,03-15,00)	4,39	1,90 (0,46-6,64)	5,71 (3,34-15,63)	3,00	0,073
Ni	1,12 (0,27-3,61)	2,95 (1,66-4,34)	2,65	1,33 (0,26-4,46)	2,83 (1,95-5,30)	2,12	0,000
Pb	1,76 (0,12-12,77)	0,25 (0,00-1,37)	0,14	1,99 (0,24-5,17)	0,22 (0,00-1,03)	0,11	0,524
V	2,08 (0,52-6,15)	1,02 (0,42-1,68)	0,49	2,70 (0,22-7,34)	0,70 (0,29-1,43)	0,26	0,000
Mn	5,51 (0,61-20,11)	6,27 (3,95-9,85)	1,14	8,05 (0,46-30,34)	14,30 (6,49-25,36)	1,78	0,011
Zn	3,17 (0,225-17,97)	51,66 (32,43-108,90)	16,31	4,87 (0,27-19,86)	53,28 (41,74-72,27)	10,94	0,394
Fe	1102,40 (127,35-4120,94)	248,26 (131,89-553,06)	0,23	1562,39 (113,54-5919,04)	198,66 (92,70-479,17)	0,13	0,008

do elemento no ambiente, mas também do período que o organismo fica exposto a esse elemento. Portanto, uma exposição prolongada a uma baixa concentração disponível de um determinado elemento pode muitas vezes ocasionar elevadas concentrações no organismo (PENTEADO et al., 2001). No período chuvoso encontraram-se moluscos com medidas maiores (*Capítulo 3 desta Dissertação*), o que indica maior tempo de exposição dos moluscos aos elementos presentes nos sedimentos.

O FBC, para todos os elementos e período de coleta, é apresentado na Tabela 5.2.

Foram identificados os elementos traços que mais acumulam nos moluscos *A. brasiliiana* em uma mesma ordem de bioacumulação no período chuvoso e seco: $Zn > Cd > Cu > Ni > Mn$. No período chuvoso o FBC encontrado dos elementos Zn, Cu, Ni e Cd são maiores que no período seco.

O Zn apresenta o maior FBC tanto no período chuvoso quanto o seco, talvez por ser um elemento traço regulado por moluscos bivalves: esse elemento é essencial ao desenvolvimento dos animais, tendo um papel enzimático, estrutural e regulador conforme a sua demanda metabólica, o que dificulta avaliar a contaminação ambiental através dos dados de bioacumulação deste elemento em bivalves (GALVÃO et al., 2009; REGOLI et al., 1994; DEPLEDGE et al., 1990). Nas zonas de manguezal da região norte da BTS, em São Francisco do Conde e Madre de Deus, Jesus et al. (2008) observaram, em amostras compostas de 30 indivíduos, que as concentrações da maioria dos elementos traço em *A. brasiliiana* variaram notavelmente em relação às estações amostradas, mas a ordem geral de acumulação dos elementos traço estudado foi $Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Cd$.

Na região centro-norte e oeste da BTS as concentrações observadas em *A. brasiliiana*, em amostras compostas de 20 indivíduos por ponto nas áreas estudadas, foram $Fe > Mn > Zn > Cu$ nas praias de Cação e Caípe, em Madre de Deus e São Francisco do Conde, e $Fe > Zn > Mn > Cu$ na praia do Porto, em Saubara. Para o fator de bioacumulação, os maiores teores foram de Zn e Cu (JESUS, 2011).

5.4 CONCLUSÃO

Nas amostras coletadas no município de Salinas da Margarida as médias das concentrações de sedimento e moluscos em peso seco foram diferentes nos períodos analisados (chuvoso e seco).

Os moluscos *A. brasiliiana* acumularam elementos traço em uma mesma ordem de bioacumulação no período chuvoso e seco: Zn > Cd > Cu > Ni > Mn.

No período chuvoso ocorreu maior bioacumulação dos elementos Zn, Cu, Ni e Cd do que o período seco.

5.3 REFERÊNCIAS

ABBE, G. R., RIEDEL, G. F.; SANDERS, J. G. Factors that influence the accumulation of copper and cadmium by transplanted eastern oyster (*Crassostrea virginica*) in Patuxent River, Maryland. **Marine Environmental Research**, Amsterdam, v. 49, n. 4, p. 377-396, maio 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Portaria nº 685 de 27 de agosto de 1998. **Diário Oficial**, Brasília, ano136, n. 183, 24 set. 1998. Seção 1. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm>. Acesso em: 15 fev. 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard practice for Extraction of trace elements from sediments**. West Conshohocken: ASTM, v. 11, n. 2, 1992.

ARRUDA, E. P.; AMARAL, A. C. Z. Spatial distribution of mollusks in the intertidal zone of sheltered beaches in southeastern of Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 291-300, jun. 2003.

ARRUDA-SOARES, H.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; MANDELLI JUNIOR, J. “Berbigão” *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791), bivalve comestível da região da Ilha do Cardoso, Estado de São Paulo, Brasil: aspectos biológicos de interesse para a pesca comercial. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 9, p. 21-38, 1982.

AVEIRO, M. V. **Análise nutricional, microbiológica e histológica do berbigão *Anomalocardia brasiliiana* da Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (REMAPI), Florianópolis/SC**. Florianópolis. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

BIOACCUMULATION testing and interpretation for the purpose of sediment quality assessment: status and needs. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2000. Disponível em: <<http://water.epa.gov/polwaste/sediments/cs/upload/bioaccum.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

BERTHET, B. et al. Bioaccumulation, toxicity, physico-chemical speciation of silver in bivalve molluscs: ecotoxicological and health consequences. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 125, p. 97-122, 1992.

BOFFI, A. V. **Moluscos brasileiros de interesse médico e econômico**. São Paulo: HUCITEC, 1979.

CALMANO, W.; AHLF, W.; FÖRTNER, U. Sediment quality assessment: chemical and biological approaches. In: CALMANO, W.; FÖRTNER, U. (Edit.). **Sediments and toxic substances: environmental effects and ecotoxicity**. Berlim: Springer Berlin Heidelberg, 1996. p. 1-35.

CARVALHO, R. M. W. N. **Determinação de íons metálicos em moluscos bivalves do manguezal da região petrolífera de São Francisco do Conde – Recôncavo Baiano**. 2006. 162 f. Tese

(Doutorado em Ciências - Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

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

COIMBRA, A. G. **Distribuição de metais pesados em moluscos e sedimento nos manguezais de Coroa Grande e da Enseada das Garças, Baía de Sepetiba, RJ**. 2003. 72 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) - Departamento de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2003.

DEPLEDGE, M. H.; RAINBOW, P. S. Models of regulation and accumulation of trace metals in marine invertebrates. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: comparative pharmacology**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 1-7, 1990.

GALVÃO, P. M. A. et al. Bioacumulação de metais em moluscos bivalves: aspectos evolutivos e ecológicos a serem considerados para a biomonitoração de ambientes marinhos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, v. 13, n. 2, p. 59-66, 2009.

GIFFORD, S. et al. Quantification of in situ nutrient and heavy metal remediation by a small pearl oyster (*Pinctada imbricata*) farm at Port Stephens, Australia. **Marine Pollution Bulletin**, Amsterdam, v. 50, n. 4, p. 417-422, abr. 2005.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações automáticas – gráficos**: Salvador (Ondina). Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso em: 03 out. 2013.

JESUS, R. S. **Metais traço em sedimentos e no molusco bivalve *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791), municípios de Madre de Deus e de Saubara, Bahia**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica, Petróleo e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

JESUS, H.C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 378-386, 2004.

JESUS, T. B. de; FERNANDEZ, L. G.; QUEIROZ, A. F. S. Avaliação da concentração de cádmio, cobre, ferro, manganês, níquel e zinco em *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) provenientes de zonas de manguezal da região de São Francisco do Conde e Madre de Deus, Recôncavo Baiano, BA. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 77-84, 2008.

LIMA, M. C. et al. Especificação de cobre e chumbo em sedimento do Rio Tubarão (SC) pelo método Tessier. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 734-742, 2001.

MACHADO, I. C. et al. Estudo da ocorrência dos metais pesados Pb, Cd, Hg, Cu e Zn na ostra do mangue *Crassostrea basiliana* do estuário de Cananéia-SP, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz, São Paulo**, v. 61, n. 1, p. 13-18, 2002.

MEYER, U.; HAGENÁ, W.; MEDEIROS, C. Mercury in a Northeastern Brazilian mangrove area, a case study: potential of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* as bioindicator for mercury. **Marine Biology**, Berlim, v. 131, p.113-121, 1998.

NARCHI, W. Comparative study of the functional morpho-logy of *Anomalocardia brasiliana*(Gmelin, 1791) and *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia, Veneridae). **Bulletin of Marine Science**, Miami, n. 22, p. 644-670, 1972.

OEHLMANN, J.; SCHULTE-OEHLMANN, U. Molluscs as bioindicators. In: MARKERT, B. A.; BREURE, A. M.; ZECHMEISTER, H. G. (Edt.). **Bioindicators and biomonitoring**. Amsterdam: Elsevier, 2003. p. 577-356.

OLIVEIRA, M. S. R. **Estudo da especiação de metais traço em sedimentos de um tanque de cultivo de camarão marinho do município de Santa Rita-Pb**. 2006. 83 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

PENTEADO, J. C. P.; VAZ, J. M. O legado das Bifenilas Policloradas (PCBs). **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 390-398, 2001.

PESO-AGUIAR, M. C. Significância dos níveis de Hg em relação ao sexo, maturidade sexual e tamanho em populações naturais de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin,1791) (Bivalvia – Veneridae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 18., 1991, Salvador. **Resumos**. Salvador: Sociedade Brasileira de Zoologia, 1991. p. 58.

REINFELDER, R. et al. Trace element trophic transfer in aquatic organisms: a critique of the kinetic model Approach. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 219, p.117-135, 1998.

RIGET, F.; JOHANSEN, P; ASMUND, G. Influence of length on element concentrations in blue mussels (*Mytilus edulis*). **Marine Pollution Bulletin**, Amsterdam, v. 32. n. 10, p. 745-751, 1996.

RIOS, E. C. **Seashells of Brazil**. Rio Grande, RS: Ed. da FURG, 1994.

REGOLI, F.; ORLANDO, E. Seasonal variation of trace metal concentrations in the digestive gland of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*: comparison between a polluted and a non-polluted site. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, Berlim, v. 27, n. 1, p. 36-43, jul. 1994.

SOKOLOWSKI, A.; BAWAZIR, A. S.; WOLOWICZ, M. Trace metals in the brown mussel *Perna perna* from the coastal waters off Yemen (Gulf of Aden): how concentrations are affected by weight, sex, and seasonal cycle. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, Berlim, v. 46, n. 1, p. 67-80, jan. 2004.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Alguns aspectos ecológicos e análise populacional de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), na praia do Saco da Ribeira, Ubatuba, Estado de São Paulo**. 1976. 110 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

6 ELEMENTOS TRAÇO EM *Anomalocardia brasiliana* (GMELIN, 1971) E SEGURANÇA DO ALIMENTO EM ÁREA SOB INFLUÊNCIA DE CARCINICULTURA, MUNICÍPIO DE SALINAS DA MARGARIDA, BAHIA

RESUMO

A *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) espécie em estudo, é um molusco bivalve lamelibrânquio, com uma ampla distribuição nos ambientes costeiros e características biológicas que favorece o seu reconhecimento como biomonitor. A quantificação de elementos traço nesses moluscos, além de ser importante por se tratar de alimentos utilizados pelo homem, também é uma ferramenta para a avaliação da qualidade ambiental. Diversos fatores podem estar associados com a variação na concentração quantitativa de elementos traço em moluscos, mais é importante salientar que a concentração indicada pelo animal não é apenas função da concentração do produto no ambiente, mas também do período que o organismo fica exposto ao elemento. O objetivo desse trabalho é determinar elementos traços (Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Ni, Ba, Fe, Cd e V) em *A. brasiliana* coletada no município de Salinas da Margarida, localidade de Madeiro, e comparar as concentrações obtidas com os limites legais para alimentos. Com a determinação das concentrações de contaminantes do tecido mole dos moluscos poder-se-á avaliar de forma direta a exposição humana a estes elementos, além de informar quanto à distribuição destas substâncias no ambiente. Foram realizadas duas campanhas amostrais uma no período chuvoso (agosto, 2011) e outra no período seco (março, 2012). Os valores obtidos através da análise dos elementos traço por ICP OES em peso seco foram reajustados para peso úmido a fim de comparar os resultados com as concentrações máximas de metais estabelecidos por diferentes normativas. Considerando o peso úmido, os valores obtidos para todos os elementos analisados, à exceção do Cr, permanecem abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota. Considerando o peso seco, também o Cu, Ni e Pb ultrapassaram os valores limite. As concentrações de Cd e de Zn mantiveram-se abaixo dos limites citados.

Palavra-chave: elementos traço, *A. brasiliana*, carcinicultura, legislação.

6.1 INTRODUÇÃO

A quantificação de elementos traço em moluscos bivalves, além de ser importante por se tratar de alimentos utilizados pelo homem, também é uma ferramenta para a avaliação da qualidade ambiental. Esses organismos são considerados biomonitores porque apresentam uma ampla distribuição nos ambientes costeiros, são abundantes, de fácil coleta, sésseis e filtradores, têm sido utilizados para indicar níveis de contaminação das áreas que habitam (PHILLIPS, 1991; OEHLMANN et al., 2003). A *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) espécie em estudo é um molusco bivalve lamelibrânquio, bastante comum ao longo de todo

litoral brasileiro reconhecido como biomonitor (PESO-AGUIAR, 1991; COIMBRA, 2003; JESUS, 2005, JESUS, 2011). Esta espécie é dioica, com reprodução externa sexuada, a gametogênese pode ocorrer durante todo o ano, conforme constatado na Paraíba (NARCHI, 1976; GROTTA, 1980 e 1982) ou somente em alguns períodos do ano (primavera e outono) como ocorre no sul do Brasil (ARAÚJO, 2001), com um ciclo de vida caracterizado por um estágio planctônico larval relativamente curto, de 11 a 30 dias (MOÛEZA et al., 1999). Apresenta hábito alimentar cavador superficial e habitam áreas protegidas da ação de ondas e de correntes, tanto na faixa entremarés como no infralitoral raso, onde se enterra superficialmente no substrato lodoso ou areno-lodoso; são indivíduos euritérmicos e eurihalinos, vivendo em ambientes com salinidade variando entre 16 e 42,5. Esses animais tendem a ingerir grande quantidade de dejetos orgânicos e inorgânicos juntamente com a alimentação (SCHAEFFER-NOVELLI, 1976; MONTI et al., 1991; POLI et al., 2004; DENADAI et al., 2006).

A bioacumulação de elementos traço em organismos aquáticos pode ser descrita através de modelos que consideram a transferência trófica descrita por taxa do peso específico da ingestão, eficiência de assimilação, taxa de constante de perda fisiológica e taxa de crescimento do peso específico (REINFELDER, 1998). Estes quatro parâmetros definem o oligoelemento potencial de transferência trófica, que é igual à razão do estado de equilíbrio e concentração de oligoelementos em um consumidor devido à acumulação trófica (REINFELDER, 1998; OEHLMANN et al., 2003).

Diversos fatores podem estar associados com a variação na concentração quantitativa de elementos traço em moluscos, tais como: as características físico-químicas do seu habitat; granulometria do sedimento onde vivem; características hidrológicas do sistema; a estação do ano; a concentração do contaminante no compartimento abiótico; a localização do organismo na zona entre marés; a classe de tamanho; o estado nutricional, fisiológico e reprodutivo; o sexo e idade dos animais; as diferentes taxas de absorção dos diferentes elementos pelos organismos (BERTHET et al., 1992; RIGET et al., 1996; MEYER et al., 1998; ABBE et al., 2000; OEHLMANN et al., 2003).

É importante salientar que a concentração indicada pelo animal não é apenas função da concentração do produto no ambiente, mas também do período que o organismo fica exposto ao elemento. Portanto, uma exposição prolongada a uma baixa concentração disponível de um determinado elemento pode muitas vezes ocasionar elevadas concentrações no organismo (PENTEADO et al., 2001).

Existem vários relatos em diferentes regiões do Brasil que têm apontado à presença de elementos traço em amostras de *A. brasiliana*.

Emerenciano et al. (2008), ao analisarem amostras deste molusco bivalve do estuário Potengi/Jundiaí, Rio Grande do Norte, constatou que as concentrações dos elementos Ba, Pb, Cr e Zn mostraram valores bem acima dos determinados por lei (AGÊNCIA...,1998), considerando os processos de bioacumulação e biomagnificação..

Nas zonas de manguezal da Região de São Francisco do Conde e Madre de Deus, Recôncavo Baiano, BA, Jesus et al. (2008) observaram que as concentrações da maioria dos elementos traço em *A. brasiliana* variaram notavelmente em relação às estações amostradas, mas a ordem geral de acumulação dos elementos traço estudado foi $Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Cd$.

Jesus (2011) constatou que na região centro-norte e oeste da Baía de Todos os Santos, as ordens de concentrações observadas em *A. brasiliana* foi $Fe > Mn > Zn > Cu$ nas praias de Cação e Caípe, em Madre de Deus e São Francisco do Conde, e $Fe > Zn > Mn > Cu$ na praia do Porto, em Saubara. Para o fator de bioacumulação, os maiores teores foram de Zn e Cu. De modo geral, os níveis máximos de Cu em molusco estão acima do limite estabelecido pelo NOAA (*Internacionais National Oceanic and Atmospheric Administration*) das praias estudadas, reafirmando a capacidade destes organismos serem utilizados como monitores de ambientes de manguezal e estuarino, afetados pela elevada concentrações de alguns elementos traço.

No Brasil, a regulamentação do limite máximo para contaminantes inorgânicos em pescados é dada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998) não há valores específicos para moluscos. Há alguns elementos traço, como Fe, Mn, Ba e V que não apresentam limites máximos recomendados para o consumo humano na legislação, dificultando determinar o nível de impacto desses elementos (CASTELLO, 2010).

Há organizações internacionais que controlam alguns alimentos quanto à presença de contaminantes inorgânicos, metais ou não metais, como a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (1997-2000) e a Organização Mundial da Saúde (2011). Esta última é a única que inclui os moluscos bivalves e apresenta somente o limite do Cd ($2,0 \text{ mg kg}^{-1}$). Os valores limites recomendados pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (1997-2000) e os intervalos de concentrações considerados como normais pela *Environmental Protection Agency* (1995,1996), para pescados, tem sido utilizados como referência, haja vista a inexistência de normativas específicas no Brasil.

O objetivo desse trabalho é determinar elementos traço (Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Ni, Ba, Fe, Cd e V) em *A. brasiliiana* coletada no município de Salinas da Margarida, localidade de Madeiro e comparar as concentrações obtidas com os limites legais para alimentos. Com a determinação das concentrações de contaminantes do tecido mole dos moluscos poder-se-á avaliar de forma direta a exposição humana a estes elementos, além de informar quanto à distribuição destas substâncias no ambiente.

6.1.1 A área de estudo e a carcinicultura

O município de Salinas da Margarida, Estado da Bahia, localiza-se na porção oeste da Baía de Todos os Santos - BTS, próximo ao estuário do Rio Paraguaçu. Na costa leste do município encontram-se áreas que eram utilizadas para uma das principais atividades econômicas locais a produção de sal autorizada pela lei provincial nº 1744, de 2 de julho de 1877 “salinas por evaporação natural” com o êxito da atividade foi formada a Companhia Salinas da Margarida em 1891 que, após um longo período de abandono, foi substituída pela atividade de criação de camarão marinho, a carcinicultura (COPQUE, 2010; OLIVEIRA, 2000).

Os efluentes que provêm da carcinicultura contem, em geral, alta concentração de matéria orgânica e nutriente (nitrogênio e fósforo), bactérias, rodela, sólidos em suspensão e elementos traço (destacando-se o Cu e o Zn), oriundos de fezes, da ração que não é consumida, da exúvia, de fertilizantes e corretivos aplicados nos tanques de cultivo para estimular a multiplicação do fitoplâncton e de metabólitos produzidos pelo camarão (CONSELHO..., 2002; NUNES, 2002; BARROS, 2006; FERNANDES, 2007; AMORIM, 2009; FONSECA, 2009; AQUINO-JÚNIOR, 2011).

Destacam-se, nesta pesquisa, os elementos traço porque, além de estes serem passíveis de disponibilização para a cadeia alimentar, diversos estudos comprovaram a influência da carcinicultura sobre as concentrações desses elementos nas áreas adjacentes à carcinicultura (GOSAVI et al., 2004; GARLLIP, 2006; LOPES, 2006; TORRES, 2009).

Em Salinas da Margarida, a localidade do Madeiro encontra-se próxima a tanques de carcinicultura das empresas Valença da Bahia Maricultura S.A. e Salinas da Bahia Maricultura S.A. e recebe seus efluentes (Figura 6.1). Nessa localidade muitos habitantes desenvolvem atividades econômicas voltadas para a mariscagem da *A. brasiliiana*, principal fonte de renda de inúmeras famílias no município (COPQUE, 2009). Os mariscos coletados

são utilizados para alimentação das próprias famílias e para comercialização na região e em Salvador (capital).

Figura 6.1 - Localidade do Madeiro, local de coleta de *A. brasiliana*, próximo a tanques de carcinicultura, município de Salinas da Margarida.



Autor: desconhecido.

6.2 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras dos moluscos da espécie *A. brasiliana* foram obtidas na localidade de Madeiro, em bancos de areia (sedimentos de planície de maré), em duas campanhas de coleta, uma após o período chuvoso (agosto/2011) e outra após um período de menor precipitação (período seco, março/2012). Com base nos dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia da estação meteorológica de Salvador (INMET, 2013), as precipitações que antecederam (120 anteriores) a 1ª campanha totalizaram 839 mm, e a 2ª campanha, 272 mm.

Foram coletados 39 pontos amostrais na 1ª campanha e 41 na 2ª campanha, delimitados por um quadrado de 50 x 50 cm. Com base no georreferenciamento dos pontos realizado na 1ª campanha, buscou-se realizar coleta nos mesmos pontos na 2ª campanha. Os moluscos foram coletados manualmente no sedimento até a profundidade em que foram encontrados (aproximadamente 5 cm), com o auxílio de uma pá e peneira plástica (Figura 6.2).

Figura 6.2 - Coleta de *A. brasiliana* na localidade do Madeiro, município de Salinas da Margarida



Os moluscos coletados foram lavados com a água do mar para retirada de sedimentos, acondicionados em sacos plásticos identificados, colocados em frasqueiras térmicas e transportados para o laboratório de Estudos de Manguezal (LEM) do Núcleo de Estudos Ambientais (NEA) do IGEO/UFBA para análise posterior.

No laboratório foram retirados 30 indivíduos de cada amostra de maneira aleatória para análise; para amostras com menos de 30 indivíduos, utilizaram-se todos os indivíduos. O tecido mole dos moluscos de cada amostra foram retirados e pesados em balança com precisão 0,001 mg; em seguida foram congelados. Após congelamento, foi realizado o pré-tratamento: liofilização, homogeneização e maceração com o auxílio de um almofariz e um pistilo de vidro. As amostras foram pesadas novamente para a obtenção do peso seco.

As amostras sofreram digestão total em microondas segundo metodologia adaptada ao manual do equipamento nº 24, Manual de Microondas Provector DGT 100 Plus (Quadro 6.1) no Laboratório do LEM e no laboratório do LEMA (Laboratório de Estudos Ambientais) da Universidade Católica do Salvador.

Quadro 6.1. Programação do forno de microondas para extração total dos elementos traço nos moluscos coletados em Salinas da Margarida - Bahia.

ETAPAS	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
TEMPO (minutos)	5	5	10	10	5
POTENCIA (Watts)	200	0	500	630	0

Foram utilizados 0,3 g do tecido triturado (peso seco), colocados diretamente na camisa de teflon, adicionados 5 mL de HNO₃ a 65% e 3 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) concentrado. As amostras digeridas foram aferidas em balão volumétrico de 25 mL com água ultrapura e armazenadas em frascos plásticos de 30 mL para posterior quantificação

dos teores de elementos traço. A quantificação das concentrações de Cu, Cr, Mn, Pb, Zn, Ni, Ba, Fe, Cd e V foram feitas por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES - modelo VISTA-PRO - Varian) no laboratório do grupo de Pesquisa em Química e Quimiometria do Instituto de Química da UFBA.

O controle de qualidade das amostras foi realizado com duplicatas (20% do total das amostras), triplicatas (10% do total das amostras), além do branco e validação das análises com análises de padrões internacionais de moluscos (CRM NIST 1566). Os valores obtidos, certificados e os respectivos intervalos de confiança e o valores de recuperação constam na Tabela 6.1 e os limites de detecção e de quantificação para os analitos digeridos foram determinados para avaliar o desempenho dos procedimentos realizados (Tabela 6.2).

Tabela 6.1 - Resultados da análise do CRM NIST 1566 através do método proposto

ANALITO	VALOR OBTIDO (mg kg ⁻¹)	VALOR CERTIFICADO (mg kg ⁻¹)	VALOR DE RECUPERAÇÃO %
Ba	7,6 ± 0,8	8,6 ± 0,3	88%
Cd	2,34 ± 0,11	2,48 ± 0,08	94%
Cu	69,5 ± 2,6	71,6 ± 1,6	97%
Fe	191,5 ± 9,3	205,8 ± 6,8	93%
Mn	18,0 ± 1,1	18,5 ± 0,2	97%
Ni	0,91 ± 0,04	1,04 ± 0,09	87,5%
V	0,627 ± 0,034	0,577 ± 0,023	108%
Zn	1408 ± 16	1424 ± 46	98%

Tabela 6.2 - Limites de detecção e quantificação para os analitos digeridos pelo método de digestão total e determinados por ICP OES

ANALITO	LOD (ng g ⁻¹)	LOQ (ng g ⁻¹)
Ba	0,89	2,96
Cd	0,95	3,15
Cr	16,32	54,40
Cu	3,36	11,21
Fe	25,86	86,20
Mn	1,11	3,69
Ni	4,15	13,85
V	1,61	5,36
Zn	6,51	21,69

Para a comparação das concentrações de elementos traço encontrados nas amostras com os valores máximos desses elementos estabelecidos pela legislação, foram reajustadas as concentrações para o peso úmido, considerando a relação entre peso seco e peso úmido de cada amostra.

6.3 RESULTADOS

Na tabela 6.3 são apresentadas as médias, valores mínimo e máximo de elementos traço em moluscos *A. brasiliana* encontrados nas amostras analisadas.

[Tabela 6.3 – próxima página]

Observa-se, inicialmente, que há diferenças significativas entre as concentrações obtidas nos dois diferentes períodos de coleta dos moluscos.

Considerando as médias das concentrações em base seca, no período chuvoso os elementos Ba, Cd, Fe, Cr, Ni, Pb, Ve Zn são maiores. Com base nesses resultados foi realizado o teste não-paramétrico de Kruskal Wallis, observa-se (p -valor < 0,05) que há diferenças significativas para os elementos Ba, Cd, Fe, Mn, Ni e Zn. Nesse período, o tamanho dos moluscos é maior e a atividade de mariscagem é menor, o que indica que os moluscos permanecem mais tempo no ambiente, podendo acumular mais elementos traço. A concentração indicada pelo animal não é apenas em função da concentração do produto no ambiente, mas também do período que o organismo fica exposto ao elemento. Portanto, uma exposição prolongada a uma baixa concentração disponível de um determinado elemento pode muitas vezes ocasionar elevadas concentrações no organismo (PENTEADO et al., 2001). Utilizando ainda as concentrações em base seca, e ao comparar os dados com os limites de referência apresentados (Tabela 6.4), nota-se que os elementos traço Cr, Ni, Pb e Cu estão acima do limite máximo recomendado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998) nos períodos analisados.

Tabela 6.4 - Limites máximos recomendados por organizações de saúde (em mg kg⁻¹)

Contaminantes inorgânicos	FAO/WHO ¹	ANVISA ²	EPA ³	Presente estudo/Conc. base SECA	
				Período chuvoso	Período seco
Cd	1,0	1,0	>2,0	0,47	0,42
Cr	12	0,1	0,1-0,9	1,22	1,05
Pb	2,0	2,0	0,1-0,8	2,95	2,83
Cu	30,0	30,0	1,0-20,0	51,66	53,28
Zn	50,0	50,0	10,0-30,0	1,02	0,69
Ni	-	5,0	-	6,4	5,71

¹ Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (1997-2000)

² Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998)

³ Environmental Protection Agency (1995,1996)

Tabela 6.3. Valores descritivos da concentração de elementos traço no molusco *A. brasiliiana* em peso seco e úmido (mg kg^{-1}), para os dois períodos de coleta e teste não paramétrico Kruskal Wallis

Elemento	Concentrações em base SECA				<i>p</i> -valor	Concentrações em base ÚMIDA				<i>p</i> -valor
	Período Chuvoso		Período Seco			Período Chuvoso		Período Seco		
	Média \pm D.P.	Min. - Máx.	Média \pm D.P.	Min.- Máx.		Média \pm D.P.	Min. - Máx.	Média \pm D.P.	Min.- Máx.	
Ba	0,65 \pm 0,04	0.29-1.34	0,58 \pm 0,05	0.26-2.21	0.013	0,1 \pm 0,23	0.05-0.21	0,08 \pm 0,39	0.04-0.23	0.000
Cd	0,47 \pm 0,03	0.33-0.74	0,42 \pm 0,01	0.30-0.66	0.003	0,08 \pm 0,09	0.04-0.18	0,06 \pm 0,06	0.04-0.10	0.000
Fe	248,26 \pm 14,61	131.89-553.06	198,66 \pm 13,18	92.70-479.17	0.001	39,63 \pm 74,14	16.04-87.12	26,51 \pm 94,19	10.98-74.49	0.000
Cr	1,25 \pm 0,17	0.13-2.36	1,05 \pm 0,69	0.01-2.30	0.190	0,22 \pm 0,65	0.02-1.00	0,14 \pm 0,52	0.00-0.36	0.034
Mn	6,27 \pm 0,4	3.95-9.85	14,29 \pm 0,71	6.49-25.36	0.000	1,02 \pm 1,31	0.45-1.09	1,92 \pm 4,80	0.93-3.81	0.000
Ni	6,4 \pm 0,15	3.03-15.01	5,71 \pm 0,10	3.34-15.63	0.006	0,47 \pm 0,65	0.23-1.09	0,38 \pm 0,76	0.23-0.60	0.003
Pb	2,95 \pm 0,06	1.66-4.34	2,83 \pm 0,04	1.95-5.30	0.303	0,04 \pm 0,35	0.00-0.20	0,03 \pm 0,31	0.00-0.12	0.008
V	0,25 \pm 0,57	0.01-1.37	0,22 \pm 0,04	0.01-1.03	0.886	0,16 \pm 0,25	0.08-0.38	0,09 \pm 0,31	0.04-0.21	0.266
Zn	1,02 \pm 3,96	0.42-1.68	0,69 \pm 1,73	0.29-1.43	0.000	8,52 \pm 10,80	3.67-23.21	7,23 \pm 8,75	5.02-10.69	0.000
Cu	51,66 \pm 0,52	32.43-108.90	53,28 \pm 0,31	41.74-72.28	0.368	1,05 \pm 2,18	0.44-2.73	0,76 \pm 0,78	0.40-1.80	0.131

Destaca-se que as normas não são claras no que se refere à concentração dos metais se estão expressa em peso seco ou peso úmido da amostra, sendo que alguns autores fazem a comparação na base de peso seco (JESUS, 2011; ARAÚJO et al., 2010; TEIXEIRA et al., 2007; COIMBRA, 2003) e outros na base de peso úmido (ARAÚJO et al., 2010; JESUS et al., 2008; CARVALHO, 2006; JESUS, 2005; COIMBRA, 2003).

Em estudos realizados por Jesus (2011) no município de Madre de Deus e Saubara também localizado na BTS as concentrações de Cu encontrado no molusco *A. brasiliana* em peso seco foi superior ao recomendado pela legislação, concentração associada as atividade industriais de grande porte instaladas para transporte e refino de petróleo, antiga fábrica de papel, fábrica de asfalto além das contribuições de elementos traço relacionados aos efluentes dos municípios do entorno da BTS. Há outros estudos também na BTS na região de São Francisco do Conde e Madre de Deus em que as concentrações de Cd, Cu, Ni e Zn estavam elevadas, associaram a refinaria do entorno e possivelmente devido ao uso de algicidas de refrigeração, lançamento de esgotos domésticos próximos aos pontos de coleta, deposição de resíduos de uma antiga fundiária (JESUS et al., 2008).

Os valores obtidos em peso seco foram reajustados para peso úmido (média) a fim de comparar os resultados com as concentrações máximas dos elementos estabelecidos por diferentes normativas (Tabela 6.5). Não há valores de referência para os elementos: Ba, Fe, Mn e V.

Quadro 6.5. Limites máximos recomendados por organizações de saúde (em mg kg⁻¹)

Contaminantes inorgânicos	FAO/WHO ¹	ANVISA ²	EPA ³	Presente estudo/Conc. base ÚMIDA	
				Período chuvoso	Período seco
Cd	1,0	1,0	>2,0	0,08	0,06
Cr	12	0,1	0,1-0,9	0,22	0,14
Pb	2,0	2,0	0,1-0,8	0,04	0,03
Cu	30,0	30,0	1,0-20,0	1,05	0,76
Zn	50,0	50,0	10,0-30,0	8,52	7,23
Ni	-	5,0	-	0,47	0,38

¹ Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (1997-2000)

² Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998)

³ *Environmental Protection Agency* (1995,1996)

Considerando o peso úmido, os valores obtidos para todos os elementos analisados permanecem abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota, exceto para o Cr, quando comparado com o valor limite definido pela Anvisa (1998). O Cr, em sedimentos marinhos e estuarinos, encontra-se geralmente ligado à matéria orgânica e a óxidos de ferro que cobrem as partículas de argila. Encontra-se, nesses ambientes, em sua forma iônica reduzida (Cr⁺³), mais estável e menos tóxica, ou na forma mais oxidada (Cr⁺⁶), menos estável

e mais tóxica aos organismos (CARVALHO, 2006; GARLIPP, 2006). Esse elemento, em excesso, tem sido associado a problemas de irritação da pele, tem efeito carcinogênico e afeta o sistema imunológico de seres humanos. Sais de cromo têm amplo emprego em curtumes, laboratórios, em efluentes líquidos de siderúrgicas, refinarias, indústrias de fertilizantes e de celulose e papel (CARVALHO, 2006; GARLIPP, 2006). A área estudada tem forte contribuição de efluentes de carcinicultura em que pode haver a utilização de fertilizantes e há o uso de rações que contem elementos traço (NUNES, 2002; CUNHA, 2006). Em uma ração comercial, p. ex., os níveis mínimos de alguns elementos, por kg de ração, são: P - 5000mg; Fe - 16 mg; Cu - 40 mg; Co - 0,24 mg; Mn - 32 mg; Zn - 120 mg e o Cr - 0,64 mg ((INTEGRALMIX, 2013).

6.4 CONCLUSÃO

A determinação de elementos traço em *A. brasiliana* é de suma importância para segurança dos consumidores desse tipo de alimento, principalmente para as comunidades litorâneas que utilizam essa espécie em sua dieta.

Os valores obtidos de elementos traço no molusco *A. brasiliana* no município de Salinas da Margarida, com base no peso úmido, estão, em geral, abaixo do limiar no qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota, de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998), a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (1997-2000) e a *Environmental Protection Agency* (1995, 1996). Apenas o Cr está acima dos valores limites em relação à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (1998) e à *Environmental Protection Agency* (1995, 1996). O mesmo ocorre quando se tomam os valores com base em peso seco, haja vista que isto representa uma maior concentração dos metais no material analisado. Nesse caso, tomando-se por base o peso seco, também os valores de Cu, Ni e Pb ultrapassam limites definidos pela legislação utilizada como referência. Somente o Cd e o Zn não ultrapassam esses valores limites.

6.5 REFERÊNCIAS

ABBE, G. R., RIEDEL, G. F.; SANDERS, J. G. Factors that influence the accumulation of copper and cadmium by transplanted eastern oyster (*Crassostrea virginica*) in Patuxent River, Maryland. **Marine Environmental Research**, Amsterdam, v. 49, n. 4, p. 377-396, maio 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Portaria nº 685 de 27 de agosto de 1998. **Diário Oficial**, Brasília, ano136, n. 183, 24 set. 1998. Seção 1. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm>. Acesso em: 15 fev. 2012.

AMORIM, D. M. C. M. **Diagnóstico dos impactos socioambientais no manguezal do rio Acaraú (Ceará – Brasil) devido à carcinicultura**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Mar – Recursos Marinhos) - Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar, Universidade do Porto, Porto, 2009.

ARAÚJO, M. A. U. de; MOURA, M. F. V. de; CARVALHO, G. B. de. Determinação de metais classificados como de importância toxicológica no molusco bivalve *Anadara notabilis* (Röding, 1798) encontrado em Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Toxicológica Argentina**, Buenos Aires, v. 18, n. 2, p. 54-58, 2010.

AQUINO JUNIOR, F. de. **A criação de camarão em cativeiro no Brasil: impactos sócio-ambientais**. 2004. Disponível em: < <http://www.adital.com.br/site/noticia2.asp?lang=PT&cod=14086>>. Acesso em: 14 maio 2011.

BARROS, S. R. R. C. **Estudo da partição de metais traço em uma linha d'água em um tanque de cultivo de camarão marinho do município de Santa Rita/PB. João Pessoa**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

BERTHET, B. et al. Bioaccumulation, toxicity, physico-chemical speciation of silver in bivalve molluscs: ecotoxicological and health consequences. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 125, p. 97-122, 1992.

CARVALHO, R. M. W. N. **Determinação de íons metálicos em moluscos bivalves do manguezal da região petrolífera de São Francisco do Conde – Recôncavo Baiano**. 2006. 162 f. Tese (Doutorado em Ciências - Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

CASTELLO, B. de F. L. **Avaliação dos teores de As, Cu, Cd, Ni e Cdm ostras, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), nas baías de Paranaguá e Guaratuba, Paraná**. 2010. 56 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2010. Disponível em: <http://dSPACE.c3sl.ufpr.br/dSPACE/bitstream/handle/1884/26931/DISSERTACAO_Bernardo%20Castello.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 mar. 2013.

COIMBRA, A. G. **Distribuição de metais pesados em moluscos e sedimento nos manguezais de Coroa Grande e da Enseada das Garças, Baía de Sepetiba, RJ**. 2003. 72 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) - Departamento de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 312, de 10 de outubro de 2002. Dispõe sobre o licenciamento ambiental na zona costeira. **Diário Oficial**, Brasília, n. 203, 18 out. 2002. Seção 1. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 20 maio 2011.

COPQUE, A. C. S. M. **Análise dos conflitos ambientais e uso do território na costa leste do município de Salinas da Margarida-BA**. 2010. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

COPQUE, A. C. S. M.; CUNHA, R. D. Uso do território X sustentabilidade ambiental em ecossistemas costeiros: o caso do manguezal do município de Salinas da Margarida-Bahia. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 5;

ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3., 2009, Recife. **Anais...** Recife: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2009.

DENADAI, M. R. et al. Veneridae (Mollusca, Bivalvia) from the north coast of São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 1-34, set./dez. 2006. Disponível em: < <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?inventory+bn01106032006>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

EMERENCIANO, D. P. et al. Análise da ocorrência de metais: bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, estanho, níquel e zinco, em mexilhão (*Anomalocardia brasiliana*) coletados no Estuário Potengi/Jundiá-RN. **PublIca**, Natal, n. 4, p. 1-9, 2008.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. Fish Sampling and Analysis. EPA 823-R-93-002. In: HEINEN, J. M. **Water Quality Criteria, Uptake, Bioaccumulation, and Public Health Considerations for Chemicals of Possible Concern in West Virginia Mine Waters Used for Culture of Rainbow Trout**. 1995. Washington, D.C., March 1996.

FERNANDES, D. et al. Caracterização de amônia, nitrato, nitrito, fosfato (orto) dissolvido e clorofila “a” em uma fazenda de cultivo de camarão. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 20, n. 1, p. 99-117, 2007.

FONSECA, L. V. **Capacidade de retenção de fósforo e material particulado em suspensão por manguezal de área impactada por efluentes da carcinicultura**. 2009. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

GARLIPP, A. B. **Variação espacial e sazonal de elementos maiores e traços no estuário do rio Curimataú (RN), através de dados geoquímicos e de sensoriamento remoto**. 2006. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

GOSAVI, K. et al. Macroalgal biomonitors of trace metal contamination in acid sulfate soil aquaculture ponds. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 324, n. 1/3, p. 25-39, maio 2004.

JESUS, R. S. **Metais traço em sedimentos e no molusco bivalve *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791), municípios de Madre de Deus e de Saubara, Bahia**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica, Petróleo e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

JESUS, T. B. de. **Estudos biogeoquímicos em *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin – 1791) (Bivalvia Veneridae) associada a sedimentos de zonas de manguezal do Recôncavo Baiano-Bahia-Brasil**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

JESUS, T. B. de; FERNANDEZ, L. G.; QUEIROZ, A. F. S. Avaliação da concentração de cádmio, cobre, ferro, manganês, níquel e zinco em *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) provenientes de zonas de manguezal da região de São Francisco do Conde e Madre de Deus, Recôncavo Baiano, BA. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 77-84, 2008.

LOPES, D. V. **Acúmulo de metais traço cobre (Cu) e zinco (Zn) em viveiros de cultivo de camarão (*Litopenaeus vannamei*)**. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

MEYER, U.; HAGENÁ, W.; MEDEIROS, C. Mercury in a Northeastern Brazilian mangrove area, a case study: potential of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* as bioindicator for mercury. **Marine Biology**, Berlim, v. 131, p.113-121, 1998.

MONTI, D.; FRENKIEL, L.; MOUËZA, M. Demography and growth of *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin) (Bivalvia, Veneridae) in a mangrove, in Guadeloupe (French West Indies). **Journal of Molluscan Studies**, Londres, v. 57, n. 2, 249-257, 1991.

MOUËZA, M.; GROS, O.; FRENKIEL, L. Embryonic, larval and postlarval development of the tropical clam, *Anomalocardia brasiliana* (Bivalvia, Veneridae). **Journal of Molluscan Studies**, Londres, v. 65, p. 73-88, 1999.

NUNES, A. J. P. Tratamento de efluentes e recirculação de água na engorda de camarão marinho. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 71, p. 27-39, 2002.

OEHLMANN, J.; SCHULTE-OEHLMANN, U. Molluscs as bioindicators. In: MARKERT, B. A.; BREURE, A. M.; ZECHMEISTER, H. G. (Edt.). **Bioindicators and biomonitors**. Amsterdam: Elsevier, 2003. p. 577-356.

OLIVEIRA, A. **Salinas da Margarida**: notícias históricas. Araguari, MG: [s.n.], 2000.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Codex Alimentarius Commission. Codex Committee on Food Additives and Contaminants, 2011. Fifth Session CF/5 INF/1. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/CCCCF/cccf5/cf05_INF.pdf.>. Acesso em: 28 jan. 2013.

_____. Evaluation of certain food additives and contaminants for lead and methylmercury. Fifty third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, **Technical Report Series 896**, Genebra, Suíça, 1999.

_____. Evaluation of certain food additives and contaminants for cadmium and methylmercury. Fifty fifth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, **Technical Report Series 901**, Genebra, Suíça, 2000.

_____. Food consumption and exposure assessment of chemicals. **Report of a FAO/WHO consultation**, Genebra, Suíça, 10-14 fev., 1997.

PENTEADO, J. C. P.; VAZ, J. M. O legado das Bifenilas Policloradas (PCBs). **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 390-398, 2001.

PESO-AGUIAR, M. C. Significância dos níveis de Hg em relação ao sexo, maturidade sexual e tamanho em populações naturais de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin,1791) (Bivalvia – Veneridae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 18., 1991, Salvador. **Resumos**. Salvador: Sociedade Brasileira de Zoologia, 1991. p. 58.

PHILLIPS, D. J. Selected trace elements and the use of biomonitors in subtropical and tropical marine ecosystems. **Environmental Contamination and Toxicology**, Berlim, v. 120, p. 105-129, 1991.

POLI, C. R. et al (Org.). **Aqüicultura**: experiências brasileiras. Florianópolis: Multitarefa, 2004.

REINFELDER, R. et al. Trace element trophic transfer in aquatic organisms: a critique of the kinetic model Approach. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 219, p.117-135, 1998.

RIGET, F.; JOHANSEN, P; ASMUND, G. Influence of length on element concentrations in blue mussels (*Mytilus edulis*). **Marine Pollution Bulletin**, Amsterdam, v. 32. n. 10, p. 745-751, 1996.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Alguns aspectos ecológicos e análise populacional de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), na praia do Saco da Ribeira, Ubatuba, Estado de São Paulo.** 1976. 110 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

TEIXEIRA, R. R. et al. Análise da capacidade de bioacumulação de metais pesados por quatro espécies de moluscos bivalves (*Anomalocardia Brasiliiana*, *Brachidontes Exustus*, *Iphigenia Brasiliiana*, *Crassostrea SP.*) da praia de Cabuçú (Saubara , Bahia). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu-MG. Anais... Caxambu-MG: SEB, 2007.

TORRES, R. F. **Disponibilidade dos metais cobre e chumbo em um canal de maré receptor de efluentes de carcinicultura.** 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

7 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que as variáveis físico-químicas apresentaram diferenças significativas entre os períodos analisados (Eh, condutividade, salinidade, M.O, P e K) e algumas mostraram grande variação (condutividade, M.O, N, P, K). Há diferenças significativas nos tamanhos dos moluscos coletados após um período chuvoso e após um período de menor precipitação (período seco); a densidade populacional apresenta grande variabilidade. Portanto, os resultados mostram variações importantes entre os períodos de coleta, seja de sedimentos, seja de *A. brasiliana*.

As análises dos parâmetros realizados sobre sedimentos de fundo de tanque de carcinicultura e de bancos de areia adjacentes a essa atividade evidenciou o acúmulo de M.O., N, P, K e outros elementos (Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Co, Pb, V, Zn) nos tanques. A literatura aponta, geralmente, o acréscimo de N, P, Cu e Zn, porém outros elementos também merecem atenção nesses estudos. É importante, portanto, monitorar sedimentos de tanques de carcinicultura e realizar estudos voltados para a biota.

Constatou-se que os moluscos *A. brasiliana* acumulam elementos traço em uma mesma ordem de bioacumulação no período chuvoso e seco: $Zn > Cd > Cu > Ni > Mn$. No período chuvoso, quando os moluscos apresentam maior tamanho, ocorreu maior bioacumulação dos elementos Zn, Cu, Ni e Cd do que o período seco. Apesar da bioacumulação, e considerando o peso úmido, as concentrações obtidas para os elementos Cd, Cu, Ni, Pb e Zn permanecem abaixo do limite para o qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; somente o Cr apresenta valores superiores. Considerando o peso seco, também os metais Cu, Ni e Pb apresentam valores superiores a limites definidos pela legislação nacional ou internacional (tomada como referência).

Novas pesquisas sobre a influência da carcinicultura nos ambientes adjacentes devem ser realizadas. Deve-se considerar, por exemplo, que a área estudada é de intenso extrativismo de *A. brasiliana*, e as marisqueiras locais afirmam que, com o advento da carcinicultura, houve um aumento considerável na quantidade de moluscos encontrados. Portanto, novos estudos que envolvam a comparação com outras áreas de coleta, distantes da carcinicultura, são importantes.

REFERÊNCIAS

ABBE, G. R.; RIEDEL, G. F.; SANDERS, J. G. Factors that influence the accumulation of copper and cadmium by transplanted eastern oyster (*Crassostrea virginica*) in Patuxent River, Maryland. **Marine Environmental Research**, Amsterdam, v. 49, n. 4, p. 377-396, maio 2000.

ACADEMIA DE LETRAS DE RECONCAVO. 2013. Disponível em: <<http://www.aler.org.br/patronos.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Portaria nº 685 de 27 de agosto de 1998. **Diário Oficial**, Brasília, ano 136, n. 183, 24 set. 1998. Seção 1. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm>. Acesso em: 15 fev. 2012.

AGUIAR, J. E.; MARINS, R. V.; ALMEIDA, M. D. comparação de metodologias para determinação da partição geoquímica de metais em sedimentos da plataforma continental nordeste brasileira. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR, 12. 2007, Florianópolis.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard practice for Extraction of trace elements from sediments**. West Conshohocken: ASTM, v. 11, n. 2, 1992.

AMORIM, D. M. C. M. **Diagnóstico dos impactos socioambientais no manguezal do rio Acaraú (Ceará – Brasil) devido à carcinicultura**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Mar – Recursos Marinhos) - Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar, Universidade do Porto, Porto, 2009.

AQUINO JUNIOR, F. de. **A criação de camarão em cativeiro no Brasil: impactos sócio-ambientais**. 2004. Disponível em: <<http://www.adital.com.br/site/noticia2.asp?lang=PT&cod=14086>>. Acesso em: 14 maio 2011.

ARAÚJO, C. M. Y. **Biologia reprodutiva do berbigão *Anomalocardia brasiliana* (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé**. 2001. 204 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

ARAÚJO, M. A. U. de; MOURA, M. F. V. de; CARVALHO, G. B. de. Determinação de metais classificados como de importância toxicológica no molusco bivalve *Anadara notabilis* (Röding, 1798) encontrado em Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Toxicológica Argentina**, Buenos Aires, v. 18, n. 2, p. 54-58, 2010.

ARRUDA, E. P.; AMARAL, A. C. Z. Spatial distribution of mollusks in the intertidal zone of sheltered beaches in southeastern of Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 291-300, jun. 2003.

ARRUDA-SOARES, H.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; MANDELLI JUNIOR, J. “Berbigão” *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791), bivalve comestível da região da Ilha do Cardoso, Estado de São Paulo, Brasil: aspectos biológicos de interesse para a pesca comercial. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 9, p. 21-38, 1982.

ASPILA, K. I.; AGEMIAN, H.; CHAU, A. S. Y. A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. **Analyst**, Londres, v. 101, p. 187-197, 1976.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE CAMARÃO. **Código de conduta e de boas práticas de manejo para uma carcinicultura ambientalmente sustentável e socialmente responsável**. 2001. Disponível em: <<http://www.abccam.com.br/abcc/estatisticas>>. Acesso em: 20 maio 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE CAMARÃO. **Informações estatísticas**. 2011. Disponível em: <<http://www.abccam.com.br/abcc/estatisticas>>. Acesso em: 20 maio 2011.

AVEIRO, M. V. **Análise nutricional, microbiológica e histológica do berbigão *Anomalocardia brasiliana* da Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (REMAPI), Florianópolis/SC**. Florianópolis. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

AZEVEDO, V. C. S. **Carcinicultura: parâmetros integrativos como instrumentos de prevenção de impactos**. 2006. 160 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2006.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. **Sistema Estadual de Informações Ambientais e Recursos Hídricos**. 2013. Disponível em: <<http://www.seia.ba.gov.br/>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

BARROS, S. R. R. C. **Estudo da partição de metais traço em uma linha d'água em um tanque de cultivo de camarão marinho do município de Santa Rita/PB. João Pessoa**. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

BEASLEY, C. R.; FERNANDES, C. M.; GOMES, C. P.; BRITO, B. A.; SANTOS, S. M. L.; TAGLIARO, C. H. Molluscan diversity and abundance among coastal habitats of Northern Brazil. **Ecotropica**, Berlim, v. 11, p. 9-20, 2005.

BERGHEIM, A.; ASGARD, T. Waste production from aquaculture. In: BAIRD, D. J. et al. (Edt.). **Aquaculture and water resource management**. Oxford: Wiley-Blackwell, 1996. p. 50-80.

BERGONCI, P. E. A.; THOMÉ, J. W. Vertical distribution, segregation by size and recruitment of the yellow clam *Mesodesma mactroides* Deshayes, 1854 (Mollusca, Bivalvia, Mesodesmatidae) in exposed sandy beaches of the Rio Grande do Sul state, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 68, n. 2, p. 297-305, maio 2008.

BERTHET, B. et al. Bioaccumulation, toxicity, physico-chemical speciation of silver in bivalve molluscs: ecotoxicological and health consequences. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 125, p. 97-122, 1992.

BIOACCUMULATION testing and interpretation for the purpose of sediment quality assessment: status and needs. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2000. Disponível em: <<http://water.epa.gov/polwaste/sediments/cs/upload/bioaccum.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

BOEHS, G.; ABSHER, T. M.; CRUZ-KALED, A. C. Ecologia populacional de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 259-270, 2008.

BOFFI, A. V. **Moluscos brasileiros de interesse médico e econômico**. São Paulo: HUCITEC, 1979.

BOYD, C. E. **Manejo da qualidade de água na aquicultura e no cultivo do camarão marinho**. Recife: ABCC, 2000.

BRANDÃO, J. et al. Acompanhamento preliminar do rendimento da *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) na praia de Mangue Seco, Pernambuco-Brasil. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10., 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2010.

BRASIL. Decreto 55.871 de 26 de março de 1965. Dispõe sobre normas regulamentadoras do emprego de aditivos para alimentos. **Diário Oficial**, Brasília, 9 abr. 1965. Seção 1

- BRASIL. Diretoria e Hidrografia e Navegação. **Tábuas das marés**. 2011. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>>. Acesso em: 20 maio 2011.
- CALMANO, W.; AHLF, W.; FÖRTNER, U. Sediment quality assessment: chemical and biological approaches. In: CALMANO, W.; FÖRTNER, U. (Edit.). **Sediments and toxic substances: environmental effects and ecotoxicity**. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 1996. p. 1-35.
- CARDOSO JUNIOR, L. O. **Avaliação do crescimento de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) na praia de Mangue Seco, litoral norte do estado de Pernambuco, Brasil**. 2011. 48 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.
- CARNEIRO, C. R. **Densidade populacional da *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) na praia de Barra, município de Grossos-RN**. 1994. 45 f. Monografia (Graduação) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró, 1994.
- CARVALHO, R. M. W. N. **Determinação de íons metálicos em moluscos bivalves do manguezal da região petrolífera de São Francisco do Conde – Recôncavo Baiano**. 2006. 162 f. Tese (Doutorado em Ciências - Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- CASTELLO, B. de F. L. **Avaliação dos teores de As, Cu, Cd, Ni e Cdm ostras, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), nas baías de Paranaguá e Guaratuba, Paraná**. 2010. 56 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2010. Disponível em: <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/26931/DISSERTACAO_Bernardo%20Castello.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 mar. 2013.
- CAVALCANTI, A. D. Monitoramento da contaminação por elementos traço em ostras comercializadas em Recife, Pernambuco, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 5, p. 1545-1551, 2003.
- COIMBRA, A. G. **Distribuição de metais pesados em moluscos e sedimento nos manguezais de Coroa Grande e da Enseada das Garças, Baía de Sepetiba, RJ**. 2003. 72 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) - Departamento de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2003.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 312, de 10 de outubro de 2002. Dispõe sobre o licenciamento ambiental na zona costeira. **Diário Oficial**, Brasília, n. 203, 18 out. 2002. Seção 1. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 20 maio 2011.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 454, de 1 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. **Diário Oficial**, Brasília, n. 216, p. 66, 8 nov. 2012. Seção 1. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=66&data=08/11/2012>>. Acesso em: 10 mar. 2013.
- COPQUE, A. C. S. M. **Análise dos conflitos ambientais e uso do território na costa leste do município de Salinas da Margarida-BA**. 2010. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.
- COPQUE, A. C. S. M.; CUNHA, R. D. Uso do território X sustentabilidade ambiental em ecossistemas costeiros: o caso do manguezal do município de Salinas da Margarida-Bahia. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 5.;

ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3., 2009, Recife. **Anais...** Recife: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2009.

CUNHA, M. C. S. **Contribuições da engenharia costeira para a carcinicultura**. 2006. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CUNHA, P. E. V. **Aplicação da metodologia para estimativa do fator de emissão - nutrientes e metais pesados - para avaliar a contribuição dos efluentes de carcinicultura no estuário do rio Potengi, Natal (RN)**. 2010. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-02062010-093706/>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

CUNHA, P. E. V. **Caracterização dos meios de cultivo de viveiros de carcinicultura e da lagoa de disposição de efluentes no Rio grande do Norte: subsídios para proteção dos ecossistemas deste estudo**. 2004. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

DASKALAKIS, K. D. Variability of metal concentrations in oyster tissue and implications to biomonitoring. **Marine Pollution Bulletin**, Amsterdam, v. 32, p. 794-801, 1996.

DENADAI, M. R. et al. Veneridae (Mollusca, Bivalvia) from the north coast of São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 1-34, set./dez. 2006. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?inventory+bn01106032006>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

DEPLEDGE, M. H.; RAINBOW, P. S. Models of regulation and accumulation of trace metals in marine invertebrates. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: comparative pharmacology**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 1-7, 1990.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

EMERENCIANO, D. P. et al. Análise da ocorrência de metais: bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, estanho, níquel e zinco, em mexilhão (*Anomalocardia brasiliiana*) coletados no Estuário Potengi/Jundiaí-RN. **Publica**, Natal, n. 4, p. 1-9, 2008.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. Fish Sampling and Analysis. EPA 823-R-93-002. In: HEINEN, J. M. **Water Quality Criteria, Uptake, Bioaccumulation, and Public Health Considerations for Chemicals of Possible Concern in West Virginia Mine Waters Used for Culture of Rainbow Trout**. 1995. Washington, D.C., March 1996.

ERK, M. et al. Cadmium accumulation and Cd-binding proteins in marine invertebrates: a radiotracer study. **Chemosphere**, Amsterdam, v. 61, n. 11, p. 1651-1664, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.04.038>>. Acesso em: 5 mar. 2013.

EVANS G.; HOWARTH, R. J; NOMBELA, M. A. Metals in the sediments of Ensenada de San Simón (inner Ría de Vigo), Galicia, NW Spain. **Applied Geochemistry**, Amsterdam, v. 18, n. 7, p. 973-996. jul. 2003.

FERNANDES, D. et al. Caracterização de amônia, nitrato, nitrito, fosfato (orto) dissolvido e clorofila "a" em uma fazenda de cultivo de camarão. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 20, n. 1, p. 99-117, 2007.

FIGUEREDO, M. C. B. et al. Impactos ambientais do lançamento de efluentes da carcinocultura em águas interiores. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 167-174, abr./jun. 2005.

FOLK, R. L; WARD, W. C. BRAZOS RIVER BAR: A STUDY OF SIGNIFICANT OF GRAIN SIZE PARAMETERS. *Journal of Sedimentary Research*, Alexandria, v. 27, n. 1, p. 3-26, mar. 1957.

FONSECA, L. V. **Capacidade de retenção de fósforo e material particulado em suspensão por manguezal de área impactada por efluentes da carcinocultura**. 2009. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

FRAGA, A. P. C. **Caracterização da qualidade da água, dos sedimentos e dos efluentes gerados pela atividade de carcinocultura marinha, em duas fazendas no Estado de Santa Catarina**. 2002. 30 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

FROTA, I. L. N. **Análise dos determinantes da vantagem competitiva da carcinocultura nordestina**. 2005. 112 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Pernambuco, João Pessoa, 2005.

GALVÃO, P. M. A. et al. Bioacumulação de metais em moluscos bivalves: aspectos evolutivos e ecológicos a serem considerados para a biomonitoração de ambientes marinhos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, v. 13, n. 2, p. 59-66, 2009.

GARLIPP, A. B. **Variação espacial e sazonal de elementos maiores e traços no estuário do rio Curimataú (RN), através de dados geoquímicos e de sensoriamento remoto**. 2006. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

GASPAR, M. B. et al. Shell morphometric relationships of the most common bivalve species (Mollusca: Bivalvia) of the Algarve coast (southern Portugal). **Hydrobiologia**, Berlim, v. 477, p. 73-80, 2002.

GIFFORD, S. et al. Quantification of in situ nutrient and heavy metal remediation by a small pearl oyster (*Pinctada imbricata*) farm at Port Stephens, Australia. **Marine Pollution Bulletin**, Amsterdam, v. 50, n. 4, p. 417-422, abr. 2005.

GOSAVI, K. et al. Macroalgal biomonitors of trace metal contamination in acid sulfate soil aquaculture ponds. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 324, n. 1/3, p. 25-39, maio 2004.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of seawater analysis**. 2. ed. Weinheim: Verlag Chemie, 1983.

GROTTA, M.; LUNETTA, J.E. Reproductive physiological variation of *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca-Bivalvia), in different latitudes. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v. 5, n. 1, p. 21-28, 1982.

HORTELLANI, M. A. et al. Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do Estuário Santos-São Vicente. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 10-19, 2008.

IBGE. **Baía de Todos os Santos**. Rio de Janeiro: IBGE, 1972. 1 mapa color., escala 1:100.000. (Folha SD-24-X-A-IV).

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (Bahia). **Mapeamento dos empreendimentos de carcinicultura no litoral Baiano, no período de julho de 2007 a junho de 2009**. Salvador: SEMA, 2009. (Relatório técnico).

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Balanco hídrico climático**: Salvador (Ondina). Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/balancoHidricoClimatico>>. Acesso em: 14 abr. 2012.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações automáticas – gráficos**: Salvador (Ondina). Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso em: 03 out. 2013.

ISHIKAWA, D. N. et al. Avaliação do risco ambiental em sedimentos dos lagos do Riacho Cambe, em Londrina, pela distribuição de metais. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1744-1749, 2009.

JESUS, H. C. et al. **Avaliação da contaminação por metais pesado em caranguejos e sedimentos de áreas de manguezal do sistema estuarino de Vitória - ES**. Relatório Técnico-Projeto Facitec/PMV-ES, 2003. Disponível em: <<http://www.cce.ufes.br/dqui/quimicaanalitica/quimicaanalitica.htm>>. Acesso em: 9 mar. 2013.

JESUS, H.C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 378-386, 2004.

JESUS, R. S. **Metais traço em sedimentos e no molusco bivalve Anomalocardia brasiliana (Gmelin, 1791), municípios de Madre de Deus e de Saubara, Bahia**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica, Petróleo e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

JESUS, T. B. de et al. Análise biométrica do molusco *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) de Zonas estuarinas do Recôncavo Baiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 25., 2004, Brasília.

JESUS, T. B. de. **Estudos biogeoquímicos em *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin – 1791) (*Bivalvia Veneridae*) associada a sedimentos de zonas de manguezal do Recôncavo Baiano-Bahia-Brasil**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

JESUS, T. B. de; FERNANDEZ, L. G.; QUEIROZ, A. F. S. Avaliação da concentração de cádmio cobre, ferro, manganês, níquel e zinco em *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) provenientes de zonas de manguezal da região de São Francisco do Conde e Madre de Deus, Recôncavo Baiano, BA. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 77-84, 2008.

LACERDA, L. D. Inputs of nitrogen and phosphorus to estuaries of Northeastern Brazil from intensive shrimp farming. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, v. 10, n. 2, p. 13-27, 2006.

LACERDA, L. D.; SANTOS, J. A.; LOPES, D. V. Fate of copper in intensive shrimp farms: bioaccumulation and deposition in pond sediments. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 69, n. 3, p. 851-858, 2009.

LAVANDER, H. D. et al. Biologia reprodutiva da *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 2, p. 344-350, abr./jun. 2011.

LEMES, M. J. de L. **Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo**. 2001. Dissertação (Mestrado em

Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-05032002-101204/>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

LEMONNIER, H.; FANINOZ, S. Effect of water exchange on effluent and sediment characteristics and on partial nitrogen budget in semi-intensive shrimp ponds in New Caledonia. **Aquaculture Research**, Nova Jersey, v. 37, n. 9, p. 938-948, jun. 2006.

LIMA, M. C. et al. Especificação de cobre e chumbo em sedimento do Rio Tubarão (SC) pelo método Tessier. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 734-742, 2001.

LOPES, D. V. **Acúmulo de metais traço cobre (Cu) e zinco (Zn) em viveiros de cultivo de camarão (*Litopenaeus vannamei*)**. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

LÚCIO, M. M. L. M. **Avaliação preliminar do efeito da carcinicultura sobre o sedimento de um trecho do Rio da Ribeira, Santa Rita-PB**. 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

LUNETTA, J. E. Ciclo sexual de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) do litoral do estado da Paraíba. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 5-55, 1980.

MACHADO, I. C. et al. Estudo da ocorrência dos metais pesados Pb, Cd, Hg, Cu e Zn na ostra do mangue *Crassostrea basiliana* do estuário de Cananéia-SP, Brasil. Rev. **Revista do Instituto Adolfo Lutz, São Paulo**, v. 61, n. 1, p. 13-18, 2002.

MAIA, S. R. R. **Distribuição e partição geoquímica de metais traço na costa norte de Fortaleza, CE**. 2004. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

MARCHAND, C.; LALLIER-VERGÈS, E.; ALLENBACH, M. Redox conditions and heavy metals distribution in mangrove forests receiving effluents from shrimp farms (Teremba Bay, New Caledonia). **Journal of Soils and Sediments**, Berlim, v. 11, n. 3, p. 529-541, abr. 2011.

MARINS, R. V.; DIAS, F. J. F. Alterações na hidroquímica do estuário do rio Jaguaribe (CE): descarga ou retenção de materiais? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 9., 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Geoquímica Ceará, 2003. p. 480-481.

MARTINS, V. S.; SOUTO, F. J. B. Uma análise biométrica de bivalves coletados por marisqueiras no manguezal de Acupe, Santo Amaro, Bahia: uma abordagem etnoconservacionista. **Sitientibus**, Feira de Santana, v. 6, n. especial, p. 98-105, 2006.

MELLO, C. C. A. **Avaliação de equidade ambiental como instrumento de modernização e democratização dos procedimentos de avaliação de impacto de projetos de desenvolvimento - estudo de caso: o processo de licenciamento da carcinicultura nos estados da Bahia e do Ceará**. Rio de Janeiro: FASE, ETTERN-IPPUR-UFRJ, 2007. (Projeto Brasil Sustentável e Democrático).

MEYER, U.; HAGENÁ, W.; MEDEIROS, C. Mercury in a Northeastern Brazilian mangrove area, a case study: potential of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* as bioindicator for mercury. **Marine Biology**, Berlim, v. 131, p.113-121, 1998.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MONTI, D.; FRENKIEL, L.; MOUËZA, M. Demography and growth of *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin) (Bivalvia, Veneridae) in a mangrove, in Guadeloupe (French West Indies). **Journal of Molluscan Studies**, Londres, v. 57, n. 2, 249-257, 1991.

MOUËZA, M.; GROS, O.; FRENKIEL, L. Embryonic, larval and postlarval development of the tropical clam, *Anomalocardia brasiliana* (Bivalvia, Veneridae). **Journal of Molluscan Studies**, Londres, v. 65, p. 73-88, 1999.

NARCHI, W. Ciclo anual da gametogênese de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia). **Bolm. Zool.**, São Paulo, p. 331-350, 1976.

NARCHI, W. Comparative study of the functional morphology of *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) and *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia, Veneridae). **Bulletin of Marine Science**, Miami, n. 22, p. 644-670, 1972.

NASCIMENTO, M. R. L.; MOZETO, A. A. Reference values for metals and metalloids concentrations in bottom sediments of Tietê River Basin, Southeast of Brazil. **Soil and Sediment Contamination**, Londres, v. 17, n. 3, p. 269-278, 2008.

NUNES, A.J.P., GESTEIRA, T.C.V., OLIVEIRA, G.G., LIMA, R.C., MIRANDA, P.T.C. E MADRID, R.M. Princípios para boas práticas de manejo na engorda de camarão marinho no estado do Ceará. Fortaleza: Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC), 2005. 109 p. (Programa de Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Estado do Ceará).

NUNES, A. J. P. Tratamento de efluentes e recirculação de água na engorda de camarão marinho. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 71, p. 27-39, 2002.

OEHLMANN, J.; SCHULTE-OEHLMANN, U. Molluscs as bioindicators. In: MARKERT, B. A.; BREURE, A. M.; ZECHMEISTER, H. G. (Edt.). **Bioindicators and biomonitors**. Amsterdam: Elsevier, 2003. p. 577-356.

OLIVEIRA, A. **Salinas da Margarida**: notícias históricas. Araguari, MG: [s.n.], 2000.

OLIVEIRA, M. S. R. **Estudo da especiação de metais traço em sedimentos de um tanque de cultivo de camarão marinho do município de Santa Rita-Pb**. 2006. 83 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

OLIVEIRA, R. C. B.; MARINS, R. V. Dinâmica de metais-traço em solo e ambiente sedimentar estuarino como um fator determinante no aporte desses contaminantes para o ambiente aquático: revisão. **Revista Virtual de Química**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 88-102, 2011. Disponível em: <<http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq/article/view/171/174>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **El consumo de pescado alcanza niveles históricos**. Roma: FAO, 2011. Disponível em: <https://www.fao.org/vernoticias.asp?id_noticia=992>. Acesso em: 6 jul. 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Princípios internacionais para a carcinicultura responsável**. [s.l.]: NACA, UNEP, WB, WWF, 2006. Disponível em: <http://library.enaca.org/shrimp/publications/International_Principles_Portuguese_version2.pd>. Acesso em: 6 jul. 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Codex Alimentarius Commission. Codex Committee on

Food Additives and Contaminants, 2011. Fifth Session CF/5 INF/1. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/CCCF/cccf5/cf05_INF.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Evaluation of certain food additives and contaminants for lead and methylmercury. Fifty third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, **Technical Report Series** 896, Genebra, Suíça, 1999.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Evaluation of certain food additives and contaminants for cadmium and methylmercury. Fifty fifth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, **Technical Report Series** 901, Genebra, Suíça, 2000.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Food consumption and exposure assessment of chemicals. **Report of a FAO/WHO consultation**, Genebra, Suíça, 10-14 fev., 1997.

PADMALAL, D.; MAYA, K.; SERALATHAN, P. Geochemistry of Cu, Co, Ni, Zn, Cd and Cr in the surficial sediments of a tropical estuary, southwest coast of India: a granulometric approach. **Environmental Geology**, Berlim, v. 31, n. 1/2, p. 85-93, 1997.

PÁEZ-OSUNA, F. et al. Fluxes and mass balances of nutrients in a semi-intensive shrimp farm in North-western México. **Marine Pollution Bulletin**, Berlim, v. 34, n. 5, p. 290-297, 1997.

PENTEADO, J. C. P.; VAZ, J. M. O legado das Bifenilas Policloradas (PCBs). **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 390-398, 2001.

PEREIRA, J. C. et al. Distribuição, fracionamento e mobilidade de elementos traço em sedimentos superficiais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1249-1255, 2007.

PESO-AGUIAR, M. C. Degradação ambiental da Baía de Todos os Santos. **Análise & Dados**, Salvador, v. 1, p. 55-57, 1991.

PESO-AGUIAR, M. C. Significância dos níveis de Hg em relação ao sexo, maturidade sexual e tamanho em populações naturais de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia – Veneridae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 18., 1991, Salvador. **Resumos**. Salvador: Sociedade Brasileira de Zoologia, 1991. p. 58.

PHILLIPS, D. J. Selected trace elements and the use of biomonitors in subtropical and tropical marine ecosystems. **Environmental Contamination and Toxicology**, Berlim, v. 120, p. 105-129, 1991.

POLI, C. R. et al (Org.). **Aquicultura**: experiências brasileiras. Florianópolis: Multitarefa, 2004.

PREDICTION of sediment toxicity using consensus-based freshwater sediment quality guidelines: United States Geological Survey (USGS) final report for the U. S. Environmental Protection Agency (USEPA)... Chicago: USEPA, 2000. Disponível em: <<http://www.cerc.usgs.gov/pubs/center/pdfdocs/91126.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

RAINBOW, P. S. Trace metal bioaccumulation: models, metabolic availability and toxicity. **Environment International**, Amsterdam, v. 33, n. 4, p. 576-582, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2006.05.007>>. Acesso em: 5 mar. 2013.

RAINBOW, P. S. Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what? **Environment Pollution**, Amsterdam, v. 120, n. 3, p. 497-507, 2002. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00238-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00238-5)>. Acesso em: 5 mar. 2013.

REGOLI, F.; ORLANDO, E. Seasonal variation of trace metal concentrations in the digestive gland of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*: comparison between a polluted and a non-polluted site. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, Berlim, v. 27, n. 1, p. 36-43, jul. 1994.

REINFELDER, R. et al. Trace element trophic transfer in aquatic organisms: a critique of the kinetic model Approach. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 219, p.117-135, 1998.

REZENDE, C. E.; LACERDA, L. D. Metais pesados em mexilhões *Perna perna* no litoral do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 46, p. 239-247, 1986.

RIGET, F.; JOHANSEN, P.; ASMUND, G. Influence of length on element concentrations in blue mussels (*Mytilus edulis*). **Marine Pollution Bulletin**, Amsterdam, v. 32. n. 10, p. 745-751, 1996.

RIOS, E. C. **Seashells of Brazil**. Rio Grande, RS: Ed. da FURG, 1994.

RODRIGUES, A. M. L. **Ecologia populacional do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae) em praias da região estuarina do Rio Apodi/Mossoró-RN**. 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal: Área de concentração: Aqüicultura e Ecologia Pesqueira) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2009.

SAMOCHA, T. M. et al. Characterization of intake and effluent waters from intensive and semi-intensive shrimp farms in Texas. **Aquaculture Research**, Nova Jersey, v. 35, n. 4, p. 321-339, mar. 2004.

SANTOS, J. A. **Determinação de Cu e Zn em fazendas produtoras de camarão do litoral leste do estado do Ceará**. 2005. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Alguns aspectos ecológicos e análise populacional de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), na praia do Saco da Ribeira, Ubatuba, Estado de São Paulo**. 1976. 110 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Análise populacional de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), na praia do Saco da Ribeira, Ubatuba, Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 351-355, 1980.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal of Sedimentary Research**, Alexandria, v. 24, n. 3, p. 151-158, 1954.

SIDDIQUE, A. et al. Heavy metal toxicity levels in the coastal sediments of the Arabian Sea along the urban Karachi (Pakistan) region. **Marine Pollution Bulletin**, Berlim, v. 58, n. 9, p. 1406-1419, 2009.

SILVA, C. A. R. et al. Biomonitoring of trace metal contamination in the Potengi Estuary, Natal (Brazil), using the oyster *Crassostrea rhizophorae*, a local food source. **Water Research**, Amsterdam, v. 35, n. 17, p. 4072-4078, dez. 2001.

SOKOLOWSKI, A.; BAWAZIR, A. S.; WOLOWICZ, M. Trace metals in the brown mussel *Perna perna* from the coastal waters off Yemen (Gulf of Aden): how concentrations are affected by weight, sex, and seasonal cycle. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, Berlim, v. 46, n. 1, p. 67-80, jan. 2004.

SZEFER, P.; GELDON, J. Distribution and association of trace metals in soft tissue and byssus of mollusc *Perna perna* from the Gulf of Aden. Yemen. **Environment International**, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 53-61, 1997.

TEIXEIRA, R. R. et al. Análise da capacidade de bioacumulação de metais pesados por quatro espécies de moluscos bivalves (*Anomalocardia Brasiliana*, *Brachidontes Exustus*, *Iphigenia Brasiliana*, *Crassostrea SP.*) da praia de Cabuçú (Saubara , Bahia). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu-MG. Anais... Caxambu-MG: SEB, 2007.

TORRES, R. F. **Disponibilidade dos metais cobre e chumbo em um canal de maré receptor de efluentes de carcinicultura**. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

WALKLEY, A. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon m soils: effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. **Soil Science**, Philadelphia, v. 63, n. 4, p. 251-263, abr. 1947.

D739 Dourado, Jaciara Barbosa.
Elementos traços em sedimentos e *Anomalocardia brasiliiana* (GMELIN, 1791)
em área sob influência de carcinicultura, Salinas da Margarida, Bahia / Jaciara Barbosa
Dourado. Salvador, 2013.
102 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Gisele Mara Hadlich.
Dissertação (Mestrado em Geoquímica do Petróleo e Ambiental) -
Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 2013.

1. Geoquímica ambiental – Salinas da Margarida (BA). 2. Elementos traço. 3.
Sedimentos. 4. Camarão – criação. I. Hadlich, Gisele Mara. II. Universidade Federal
da Bahia. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 550.4:502(813.8)

Elaborada pela Biblioteca do Instituto de Geociências da UFBA.