



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS

MÔNICA ARLINDA VASCONCELOS RAMOS

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS TEORES DE METAIS TRAÇO EM
PEIXES E CRUSTÁCEOS PROVENIENTES DA PORÇÃO NORTE DA
BAÍA DE TODOS OS SANTOS, BAHIA, BRASIL.

Cruz das Almas

2012

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS TEORES DE METAIS TRAÇO EM PEIXES E
CRUSTÁCEOS PROVENIENTES DA PORÇÃO NORTE DA BAÍA DE TODOS OS
SANTOS, BAHIA, BRASIL.**

MÔNICA ARLINDA VASCONCELOS RAMOS

BIÓLOGA

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA, 2008

Dissertação submetida ao Colegiado do Programa de Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas, ênfase em Manejo e Qualidade de Ecossistemas.

Orientador: Prof.(a) Dra. Jacira Teixeira Castro

Co-orientador: Prof. Dr. Sivanildo Silva Borges

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

MESTRADO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

R175

Ramos, Mônica Arlinda Vasconcelos.

Avaliação preliminar dos teores de metais traço em peixes e crustáceos provenientes da Porção Norte da Baía de Todos os Santos, Bahia-Brasil / Mônica Arlinda Vasconcelos Ramos. - Cruz das Almas, BA, 2012.

87f.; il.

Orientadora: Jacira Teixeira Castro.

Coorientador: Sivanildo Silva Borges.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MÔNICA ARLINDA VASCONCELOS RAMOS**

Profa. Dra. Jacira Teixeira Castro
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Orientadora)

Profa. Dra. Elissandra Ulbricht Winkaler
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Marcos de Almeida Bezerra
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Dissertação homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Solos e
Qualidade de Ecossistemas em

Conferindo o Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas

.....

Dedico este trabalho aos meus pais, os super heróis da minha vida, responsáveis pelo que sou hoje. A Daniel, namorado, amigo e grande companheiro, pelo apoio, amor e carinho. A meu irmão Murilo, pela amizade e serenidade, e às minhas avós Bernadete e Guiomar, pelo carinho aconchegante que sempre me revigora.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, a Luz Maior, a Energia Suprema que me guia e ilumina meus caminhos, e aos Orixás, pela proteção e força.

Ao meu Pai Geraldo, pelo amor, carinho e cuidado; a minha mãe Dina, por sempre me fazer acreditar que tudo vai dar certo, e ao meu irmão Murilo, pelo carinho, serenidade e amizade.

A minha avó Dete, mais uma Mãe que Deus me deu, agradeço por todo amor, cuidado e dedicação, e a minha avó Guiomar, pelo carinho e pela grande torcida.

Ao Daniel, aquele que esteve comigo desde o começo e a quem tenho o orgulho de ter como companheiro, agradeço pelo amor, cuidado e paciência.

Aos meus tios e tias, primos e primas, pela torcida.

Aos meus amigos, Roque, Juliana, Thiago, Rafaela, Fernanda, Nathália, Carolina e Gislayne pelos momentos de alegria, pelo carinho e pelas palavras de ânimo.

À família *Silva de Jesus*, pelo carinho e torcida pela minha vitória.

A Profa. Dra. Jacira Castro, a qual que se tornou mais que uma orientadora, mas uma grande amiga.

Às companheiras de laboratório, Andréia, Myla, Everton, Elaine, David, Bebeto, Rafael, os quais me ajudaram na execução deste trabalho.

Ao Prof.Dr. André Dias e ao Prof. MSc. Elinsmar Adorno, pelo apoio ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Aos técnicos de química e biologia, Márcio, Seu Antônio, Marcos, Cristiano, Lorena, Lene, Carol, pelo apoio e consideração. Em especial, a Tatiana Daltro, pelo carinho e amizade.

A Profa. Dra. Daniele Muniz pelo apoio nas análises na Universidade Federal da Bahia.

À Profa. Dra. Maria das Graças Korn da UFBA pelo apoio nas análises por ICP OES.

Aos meus amigos de mestrado, pela amizade, companheirismo e por cada sorriso, os quais tornaram a trajetória um pouco menos difícil. Em especial a Sara e Ladyanne pela dedicação e confiança.

Aos meus amigos de faculdade, os quais iniciaram comigo o caminho da formação e do amadurecimento profissional, agradeço pelas palavras de apoio e pela torcida, mesmo à distancia. Obrigada Jéssica, Rosa, Yuka, Leilane, Cláudia, Joelza, Lílian. Em especial, agradeço também ao meu querido e eterno amigo Mateus, pelas suas palavras carinhosas e pelos nossos leves e alegres momentos vividos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da UFRB pela oportunidade.

À CAPES, pela bolsa concedida.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

RESUMO

O presente estudo buscou avaliar os teores de elementos traço (Cd, Cu, Fe, Ni e Zn) em organismos aquáticos, incluindo *Ucides cordatus* (caranguejo – uçá), *Callinectes exasperatus* (siri-do-mangue) e *Centropomus undecimalis* (robalo), capturados na porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. Os exemplares foram biometrados e dissecados em porções de músculo, fígado e brânquias, nos peixes, e músculo, hepatopâncreas e brânquias, nos crustáceos. As amostras foram liofilizadas, moídas e digeridas em sistema aberto, em placa de aquecimento, utilizando HNO₃ 65% v/v e H₂O₂ 30% v/v. Para a detecção dos analitos, foi empregada a espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES). Nos crustáceos, zinco, cobre e cádmio concentraram-se, principalmente, no músculo, brânquias e hepatopâncreas, respectivamente, enquanto os níveis de níquel, em *Ucides cordatus*, foram mais elevados no tecido hepatopancreático. Analisando as concentrações nas porções comestíveis, em *Ucides cordatus* os níveis de cobre (hepatopâncreas) e zinco (músculo) apresentaram-se acima dos limites estabelecidos pela legislação, assim como as 2[concentrações no hepatopâncreas e brânquias de *Callinectes exasperatus*, para o elemento cobre. Em *Centropomus undecimalis*, as maiores e menores concentrações foram encontradas principalmente no fígado e músculo, respectivamente, tendo sido verificado níveis elevados de zinco e ferro no tecido branquial. Tendo em vista que foram encontrados níveis elevados de metais nos crustáceos, a ingestão destes organismos pelo homem deve ser avaliada, bem como a região monitorada.

Palavras chave: *Callinectes exasperatus*, *Ucides cordatus*, *Centropomus undecimalis*.

ABSTRACT

The present study investigated the concentrations of trace elements (Cd, Cu, Fe, Ni and Zn) in crustaceans (*Ucides cordatus* and *Callinectes exasperatus*) and fish (*Centropomus undecimalis*) collected at the northern part of the Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. The specimens were dissected and the biometry of muscle, liver, gills and hepatopancreas was realized. The biological tissues were freeze dried, grounded and digested in a heating plate using HNO₃ 65% v/v and H₂O₂ 30% v/v. Trace elements were detected by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES). Zinc, Cu and Cd accumulated in gills, hepatopancreas and muscles of crustaceans. The levels of Ni were highest in the hepatopancreas tissues of *Ucides cordatus*. Levels of Cu (hepatopancreas) and Zn (muscle) of *Ucides cordatus* and Zn concentrations in gills and hepatopancreas of *Callinectes exasperatus* were above the recommended limits for human consumption. For the *Centropomus undecimalis*, the highest and lowest concentrations of Zn and Fe, respectively, were found in liver and muscle, respectively. For this species, the levels observed in muscle were below the recommended levels, thus their intake poses no risk to the population. However, the use of the *U. cordatus* and *C. exasperatus* in the human diet should be evaluated with care, since high concentrations of Cu and Zn were found in tissues of these species.

Keywords: Todos os Santos Bay, Bioaccumulation, Trace Elements.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Exemplar de <i>Ucides cordatus</i> capturado na BTS.....	20
Figura 2. Exemplar de <i>Centropomus undecimalis</i> capturado na BTS.....	22
Figura 3. Exemplar de <i>Callinectes exasperatus</i> capturado na BTS.....	24
Figura 4. Mapa da Baía de Todos os Santos, com destaque para a área de captura.....	28
Figura 5. Frequência Relativa em função do Peso Médio dos exemplares de <i>Ucides cordatus</i> capturados na Baía de Todos os Santos nos meses de março e novembro.....	36
Figura 6. Níveis de Cu e Zn encontrados em tecidos de <i>Ucides cordatus</i> capturados em março (A e B) e novembro (C e D) de 2011, na BTS.....	38
Figura 7. Níveis de Ni encontrados em tecidos de <i>Ucides cordatus</i> capturados em março (A e B) e novembro (C e D) de 2011, na BTS.....	40
Figura 8. Níveis de Cd encontrados em tecidos de <i>Ucides cordatus</i> capturados em março (A e B) e novembro (C e D) de 2011, na BTS.....	41
Figura 9. Valores médios do comprimento total (Lt), peso total (WT) e peso do fígado (WF) em exemplares de <i>Centropomus undecimalis</i> , capturados em novembro de 2010 e março de 2011, classificados com base no teste de Skott Knott, a 95% de probabilidade.	53
Figura 10. Comparação entre os teores médios de Zn, Fe, Cu e Cd encontrados no fígado, brânquia e músculo de <i>Centropomus undecimalis</i> capturados em março e novembro de 2011, classificados com base no teste de Skott Knott, a 95% de probabilidade.	55
Figura 11. Valores médios do índice hepatossomático (IHS) comparado às concentrações de cádmio, em μg^{-1} no tecido hepático de <i>Centropomus undecimalis</i> nos meses de novembro (2010) e março (2011).....	57
Figura 12. Relação entre a largura da Carapaça (LC) e a concentração de zinco e cobre em <i>Callinectes exasperatus</i>	63
Figura 13. Concentração média dos teores de cobre, zinco e cádmio (μg^{-1} peso seco) em função das classes de largura da carapaça.....	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Amostragem da biota, água e sedimento na Baía de Todos os Santos.	28
Tabela 2. Parâmetros instrumentais para as medidas por ICP OES axial.	32
Tabela 3. Concentrações médias ($\mu\text{g g}^{-1}$) dos metais encontrados nas amostras de material de referência certificada e limite de quantificação ($n=3$).....	37
Tabela 4. Teor médio dos níveis de metais em músculo (m), brânquias (b) e hepatopâncreas (h) e padrão de acumulação nos tecidos em diferentes crustáceos ($\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco) em vários locais do mundo.....	44
Tabela 5. Teor médio de cobre, zinco, cádmio e níquel, em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso úmido, em hepatopâncreas (HEP) e tecido muscular (MUS) de fêmeas de <i>Ucides cordatus</i> capturados na Baía de Todos os Santos e respectivos valores limites permitidos pela ANVISA (Decreto 55871/1965).....	48
Tabela 6. Teor médio de cobre, zinco, cádmio e níquel, em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso úmido, em hepatopâncreas (HEP) e tecido muscular (MUS) de machos de <i>Ucides cordatus</i> capturados na Baía de Todos os Santos e respectivos valores limites permitidos pela ANVISA (Decreto 55871/1965).....	48
Tabela 7. Concentração de Cu, Zn, Ni e Cd em sedimentos, músculo (Uc-M), hepatopâncrea (Uc-H) e brânquias (Uc- B) de <i>Ucides cordatus</i> , em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco, capturados na BTS, com os respectivos valores do FBA para março e novembro de 2011.....	49
Tabela 8. Concentrações médias dos metais encontrados nas amostras certificadas de ostra (OYSTER TISSUE 1566b) e seus respectivos valores certificados.	54
Tabela 9. Concentração de Cd, Cu, Fe e Zn, em amostra de água (mg L^{-1}), brânquias, fígado e músculo de <i>Centropomus undecimalis</i> , ($\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco), com os respectivos valores do fator de bioconcentração (FBC) para novembro (2010) e março (2011).....	58
Tabela 10. Teor médio de cobre, zinco, cádmio e ferro, em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso úmido, no tecido muscular de <i>Centropomus undecimalis</i> comparado aos limites estabelecidos pela ANVISA (Decreto 55871/1965).....	60
Tabela 11. Classes e respectivos intervalos de tamanho de <i>Callinectes exasperatus</i> (Gerstaecker, 1856) capturados na Baía de Todos os Santos e número de indivíduos (N°) por classe.....	62
Tabela 12. Concentração média e desvio padrão de elementos traço (em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco) encontrados em diferentes tecidos de <i>Callinectes exasperatus</i> , utilizando o teste Scott-Knott ($p<0,01$).....	65
Tabela 13. Teor médio dos níveis de metais em músculo (m), brânquias (b) e hepatopâncreas (h) e padrão de acumulação (P.A.) nos tecidos em diferentes crustáceos (em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco) em vários locais do mundo.....	66
Tabela 14. Níveis médios de cobre, zinco e cádmio, em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso úmido, comparado às concentrações limites máximas permitidas em alimento pelo Decreto 55871/1965).....	67

LISTA DE SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BTS	Baía de Todos os Santos
CCD	Do inglês: Coupled Charge Device. Dispositivo de Acoplamento de Cargas.
EPA	Do inglês: Environmental Protection Agency. Agência de Proteção Ambiental
FBA	Fator de Bioacumulação
FBC	Fator de Bioconcentração
ICP OES	Do inglês: inductively coupled plasma optical emission spectrometry. Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado
IHS	Índice Hepatosomático
NIST	Do inglês: National Institute of Standards and Technology. Instituto nacional de padrões e tecnologia
QUANEBTS	Quadrante Nordeste da Baía de Todos os Santos
ROS	Do inglês: Reactive Oxygen Species. Espécies reativas de oxigênio

SUMÁRIO

Capítulo I	15
1.1 INTRODUÇÃO	16
1.1.1 Elementos traço nos sistemas aquáticos e seus impactos sobre a biota	16
1.1.2 Monitoramento da contaminação por metais na Baía de Todos os Santos	18
1.1.3 Biota	20
1.1.3.1 <i>Ucides cordatus</i>	20
1.1.3.2 <i>Centropomus undecimalis</i>	22
1.1.3.3 <i>Callinectes exasperatus</i>	24
1.2 OBJETIVOS	26
1.2.1 Objetivos gerais	26
1.2.2 Objetivos específicos.....	26
1.3 PARTE EXPERIMENTAL	27
1.3.1 Reagentes e soluções.....	27
1.3.2 Área de estudo	27
1.3.3 Amostragem	28
1.3.4 preparo da amostra	29
1.3.4.1 <i>Ucides cordatus</i>	29
1.3.4.2 Sedimentos.....	30
1.3.4.3 <i>Centropomus undecimalis</i>	30
1.3.4.4 <i>Callinectes exasperatus</i>	31
1.3.5. Determinação dos analitos	32
0,70	32
1.3.7 Fator de bioconcentração (FBC)	33
1.3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA	33
Capítulo II	35
2.1. RESULTADOS E DISCUSSÃO – <i>Ucides cordatus</i>	36
2.1. Biometria.....	36
2.2 Validação do Método empregado.....	37
2.3. Teor de metais nos diferentes tecidos.....	37
2.4. Teor de metais em função do sexo	47
2.5. Comparação dos resultados com os Limites máximos permitidos pela Anvisa.....	48
2.6. Níveis de metais no sedimento e fator de bioacumulação (FBA)	49

2.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
Capítulo III	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO – <i>Centropomus undecimalis</i>	53
3.1 Biometria.....	53
3.2. Validação do Método Empregado	54
3.3. Concentração de metais nos tecidos.....	54
3.4. Índice hepatossômico.....	57
3.5. Fator de bioconcentração (FBC)	58
3.6. Comparação dos resultados com os Limites máximos permitidos pela Anvisa	59
3.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
Capítulo IV.....	61
Avaliação dos teores de metais traço em <i>Callinectes exasperatus</i> (Crustacea: Decápoda) capturados na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil.....	61
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO – <i>Callinectes exasperatus</i>	62
4.1. Biometria.....	62
4.2. Teor de metais	62
4.3. Concentração de metais <i>versus</i> largura da carapaça	63
4.4. Concentração de metais nos músculo, brânquia e hepatopâncreas.....	64
4.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
Capítulo V	69
Conclusões	69
5. CONCLUSÕES	70
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

CAPÍTULO I

Introdução

1.1 INTRODUÇÃO

1.1.1 ELEMENTOS TRAÇO NOS SISTEMAS AQUÁTICOS E SEUS IMPACTOS SOBRE A BIOTA

Os elementos traço ocorrem em pequenas concentrações na natureza, sendo provenientes da atividade vulcânica e do intemperismo das rochas, podendo ou não ser essenciais aos seres vivos. O zinco, ferro, manganês e cobre constituem alguns dos elementos essenciais requeridos pelos organismos, em pequenas quantidades, enquanto o mercúrio, chumbo e cádmio, por não apresentarem função biológica, são normalmente tóxicos à biota, mesmo em pequenas concentrações (ESTEVES, 1998; POISSANT *et al.*, 2008).

No entanto, as atividades antropogênicas têm contribuído consideravelmente para o aumento destes elementos no ambiente aquático, incluindo atividades industriais, agrícolas e de mineração (MANCE, 1987; GUMGUM *et al.*, 1994; KALAY & CANLI, 2000; ALAM *et al.*, 2002; DOBARADARAN *et al.*, 2010). Uma vez nesses ecossistemas, estes elementos podem se associar ao material particulado em suspensão e, eventualmente, serem depositados nos sedimentos de fundo, formando reservatórios relativamente estáveis. No entanto, alterações nas condições físicas e químicas do meio podem causar a mobilização dos metais depositados nos sedimentos e a liberação de formas mais biodisponíveis para a coluna d'água, favorecendo assim a assimilação destes pela biota, podendo atingir nestes organismos níveis bastante elevados (BURATINI & BRANDELLI, 2008; HATJE *et al.*, 2009), mediante processos de bioacumulação, bioconcentração e biomagnificação.

O termo bioacumulação refere-se à assimilação e retenção de agentes químicos presentes no ambiente através da via respiratória, dérmica ou digestiva, a partir de qualquer tipo de fonte do compartimento aquático, seja dissolvido, associado ao sedimento ou a outros organismos (AMYOT *et al.*, 1996).

A bioconcentração, por sua vez, refere-se exclusivamente à acumulação a partir da fase aquosa e, a biomagnificação, à transferência de contaminantes de um nível trófico a outro, os quais tendem a exibir concentrações crescentes à medida que passam para níveis mais elevados (SPACIE *et al.*, 1995).

Organismos capazes de acumular em seus tecidos estes elementos em altos níveis recebem o nome de biomonitores, e podem, por esta razão, serem usados no monitoramento da biodisponibilidade destes compostos em um ambiente particular (WAGNER & BOMAN, 2003). Por meio destes, é possível quantificar a presença de contaminantes no ambiente, bem como obter informações a respeito da variação temporal e geográfica das concentrações destes elementos (RESGALLA JR. *et al.*, 2008).

Todos os tipos de metais apresentam toxicidade potencial, sendo, portanto, capazes de provocar efeitos adversos à biota quando presentes em concentrações elevadas (DALLINGER & RAINBOW, 1993), de tal forma que estes efeitos, tipos e intensidade, podem ser utilizados em estudos de biomonitoramento e assim oferecer respostas referentes à disponibilidade e concentrações destes agentes no meio.

Em crustáceos, os elementos traço podem causar uma série de mudanças fisiológicas, incluindo alteração do equilíbrio osmótico e iônico, diminuição do consumo de oxigênio, mudanças no padrão da hemolinfa, bem como danos histológicos (BOITEL & TRUCHOT, 1989; SPICER & WEBER, 1991; HANSEN *et al.*, 1992; SOEGIANTO *et al.*, 1999; VITALE *et al.*, 1999; BARBIERI *et al.*, 2009; AMADO *et al.*, 2006).

Nos peixes, estes elementos podem inibir a atividade de enzimas, como a acetilcolinesterase, causar efeitos mutagênicos, genotóxicos e citotóxicos, bem como induzir a formação de espécies reativas de oxigênio, podendo levar o animal a estresse oxidativo (KARUZINA & ARCHAKOV, 1994; HEATH, 1995; RISSO-DE-FAVERNEY *et al.*, 2001).

Os níveis acumulados, assim como a assimilação diferencial nos tecidos, dependem de fatores intrínsecos à espécie, como dieta, taxa metabólica, capacidade de depuração, bem como características ambientais, as quais podem aumentar ou mesmo reduzir a disponibilidade destes elementos, incluindo tipo de

sedimento, salinidade, temperatura, pH, teor de carbono orgânico, dentre outros fatores (SPRAGUE, 1990; BURATINI & BRANDELLI, 2008).

Por meio da cadeia alimentar, esses elementos podem ser transferidos ao homem, e, assim como em outros organismos, causar danos à saúde, incluindo, na espécie humana, disfunções nos sistemas nervoso, renal, gastrintestinal e reprodutivo (GOYER, 1991).

1.1.2 MONITORAMENTO DA CONTAMINAÇÃO POR METAIS NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS

A Baía de Todos os Santos (BTS) está localizada no estado da Bahia, centrada entre a latitude 12°50' S e a longitude de 38°38' W (LESSA *et al.*, 2001). Constitui a segunda maior baía do Brasil com uma área de 1.233 km², e uma bacia de drenagem de 60.000 km², sendo drenada pelos Rios Paraguaçu, Jaguaripe e Subaé, os quais respondem por 74% da descarga fluvial total (CIRANO & LESSA, 2007; HATJE & ANDRADE, 2009).

É um importante sistema estuarino-lagunar que abriga um rico manguezal, bem como regiões de apicuns, as quais ocupam uma área igual a 177,6 e 10,2 km², respectivamente (BRITO, 1997; HADLICH *et al.*, 2009).

Em virtude do crescimento urbano e do desenvolvimento de indústrias químicas e petroquímicas em seu entorno, vários eventos de poluição tem ocorrido, os quais têm contribuído para a diminuição da sua qualidade (BARROS *et al.*, 2009). Particularmente, a QUANE BTS (Quadrante Nordeste da Baía de Todos os Santos), constitui seu território mais ameaçado e vulnerável, uma vez que são encontradas neste a Refinaria Landulfo Alves, portos, terminais marítimos, uma usina termoelétrica e um centro industrial, os quais, juntos, têm contribuído para a poluição e a contaminação deste ambiente (CODEBA, 2012; PEIXOTO, 2008).

Além dos impactos diretos, deve-se ainda levar em consideração as ações impactantes que acometem esta formação por meio dos seus tributários. Como exemplo, vale citar o caso da contaminação por metais traço em Santo Amaro da Purificação, que se estende até a Baía de Todos os Santos por meio do Rio Subaé.

Entre o período de 1956 a 1994, a Plumbum Mineração e Metalurgia Ltda realizou neste município, numa área localizada às margens do Rio Subaé e a 10 km de sua foz na Baía de Todos os Santos, atividade metalúrgica de extração de chumbo, e como resultado desta atividade foram produzidos resíduos contendo Si, Ca, Fe, Zn, Pb e S, além de concentrações traço de Cd, As, Sb, Co e Cr. Conforme estudos realizados na área, foi constatado que em virtude das condições geotécnicas locais, ocorreu na área estudada um processo de contaminação superficial muito mais expressivo que em profundidade, pois as concentrações de chumbo, cádmio e zinco diminuem rapidamente à medida que aumenta a profundidade do solo. No entanto, devido aos processos de lixiviação, tem-se um espalhamento superficial das concentrações de poluentes, os quais se deslocam em direção à calha do rio Subaé (MACHADO *et al.*, 2003).

Estes resíduos são transportados até a Baía de Todos os Santos, sendo encontrados em altas concentrações no sedimento e na biota, conforme estudos realizados *in locu* (CELINO *et al.*, 2005; TEIXEIRA *et al.*, 2007; AMADO-FILHO *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2010; SANTOS, 2011).

Níveis elevados de metais na BTS têm sido encontrados principalmente em moluscos, como em *Mytella guyanensis* (sururu), *Crassostrea rhizophorae* (ostra) e *Amomalocardia brasiliiana* (bebe-fumo), bem como em crustáceos, como verificado no camarão *Penaeus brasiliensis* (TEIXEIRA *et al.*, 2007; SANTOS, 2011), os quais são amplamente consumidos pela população local. Os maiores teores têm sido encontrados em moluscos, o que pode ser atribuído ao fato destes organismos serem filtradores sésseis, o que favorece uma maior bioacumulação de metais (SILVA *et al.*, 2008; HATJE *et al.*, 2009).

Com relação aos estudos com sedimentos, Santos *et al.*, (2010), após análises estatísticas multivariadas referentes aos níveis de metais em sedimentos na BTS, identificaram maiores níveis de Pb, Cd, Zn, N, C e matéria orgânica na região de São Francisco do Conde, numa área que apresenta uma maior influência das águas do Rio Subaé, sugerindo que estes elementos, principalmente Cd, Pb e Zn, estejam fixados ao sedimento de manguezal, complexados a matéria orgânica. Semelhante ao encontrado por outros autores, os quais identificaram sedimento mais enriquecidos com Cd, Pb e Zn no estuário do Rio Subaé (HATJE, 2009). Deste modo, os resultados indicam que a porção norte desta formação apresenta elevados

níveis de metais, os quais têm sido assimilados pela biota local, o que se configura como um grande problema para a população do entorno, a qual utiliza a BTS como fonte de recursos alimentares.

1.1.3 BIOTA

1.1.3.1 *UCIDES CORDATUS*

O *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, conhecido popularmente como caranguejo-uçá, é um caranguejo semi-terrestre pertencente à família Ocypodidae que ocorre na Flórida, Golfo do México, Antilhas, norte da América do Sul, Guianas, e Brasil (do Amapá até Santa Catarina), sendo o segundo maior crustáceo encontrado no manguezal (COELHO & RAMOS, 1972; MELO, 1996; OLMOS & SILVA, 2003).



Figura 1. Exemplo de *Ucides cordatus* capturado na BTS

De acordo com Castilho (2006), esta espécie apresenta a seguinte classificação taxonômica:

Filo: Arthropoda

Classe: Crustacea

Ordem: Decapoda

Infraordem: Brachyura

Família: Ocypodidae

Gênero: *Ucides*

Espécie: *Ucides cordatus*

Sua coloração varia do azul-celeste ao marrom escuro, de acordo com o período do ano e o tempo de duração da intermuda. Suas patas são de cor lilás ou roxa em todas as fases, mas podem adquirir tonalidade ferruginosa ou marrom-escura pouco antes da muda. (PINHEIRO & FISCARELLI, 2001).

É um organismo marcadamente eurihalino e altamente territorialista encontrado exclusivamente em manguezais (BRANCO, 1993; MARTINEZ *et al.*, 1998). Nestes ambientes, desempenham papéis ecológicos importantes, uma vez que, através da construção de suas galerias, favorecem o revolvimento do sedimento, permitindo assim sua oxigenação e drenagem, bem como atuam na reciclagem de nutrientes por meio do consumo de material vegetal, auxiliando na degradação da matéria orgânica e na sua incorporação ao sedimento (BLANKENSTEYN *et al.*, 1997; RODRIGUES *et al.*, 2000; DITTMAR & LARA, 2001; SILVA, 2002).

Constitui uma espécie onívora, que se alimenta de folhas de mangue, detritos, raízes, sedimento e animais, incluindo crustáceos, poliquetas, insetos, bivalves e gastrópodes (NORDHAUS, 2003).

Alguns estudos já foram realizados a fim de quantificar os níveis de contaminantes nos tecidos desta espécie, incluindo metais e hidrocarbonetos (HARRIS & SANTOS, 2000; NUDI *et al.*, 2007; SALVADOR *et al.*, 2007), porém, embora seja um recurso bastante importante na dieta humana na BTS, poucos

estudos foram realizados a fim de identificar os níveis de metais em seus tecidos, e assim avaliar os riscos do seu consumo para a saúde humana.

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

1.1.3.2 CENTROPOMUS UNDECIMALIS

O *Centropomus undecimalis* (BLOCH, 1972), **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, pertence à família Centropomidae, sendo conhecido vulgarmente como robalo-flexa, camorim, cabo-de-machado ou camorim-açu. Possui ampla distribuição na costa Atlântica Ocidental, sendo uma das espécies mais conhecidas e apreciadas na pesca costeira, desportiva e de subsistência (SILVA, 1992; FUJIMOTO *et al.*, 2009).



Figura 2. Exemplar de *Centropomus undecimalis* capturado na BTS.

De acordo com Rivas (1986), a classificação taxonômica desta espécie é a seguinte:

Filo: Chordata

Classe: Osteichthyes

Ordem: Perciformes

Família: Centropomidae

Gênero: *Centropomus*

Espécie: *Centropomus undecimalis*

Habitam ambientes costeiros, em águas rasas de recifes, ilhas e, especialmente, baías, canais, estuários, mangues, lagoas e rios costeiros, sendo espécies diádromas eurihalinas e estenotérmicas (RIVAS, 1962; 1986; CARVALHO - FILHO, 1999) que vivem predominantemente no estuário e rios tributários na maior parte da sua vida, migrando para as enseadas e zona marinha para desovar (MARSHALL, 1958; VOLPE, 1959; TUCKER JR. & CAMPBELL, 1988).

São animais que possuem hábito bentofágico, sendo predadores carnívoros que ocupam altos níveis na cadeia trófica, tendo preferência por peixes e crustáceos (MARSHAL, 1958; CHÀVEZ, 1963; FIGUEIREDO & MENEZES, 1980; IGNÁCIO, 2008).

Constituem espécies protândricas hermafroditas, que maturam primeiramente como machos e posteriormente mudam de sexo e permanecem, em sua maioria, como fêmeas pelo resto de suas vidas (TAYLOR *et al.*, 2000).

Possuem um alto valor comercial, em várias partes do Brasil e do mundo, (CHAVEZ, 1963; ROJAS, 1975; FERREIRA-JUNIOR *et al.*, 2003; SOUTO, 2004), sendo seus aspectos reprodutivos e nutricionais bastante estudados para fins de cultivo em ambientes controlados (ALMEIDA *et al.*, 1999; ANNI & PINHEIRO, 2009; FERRAZ & CERQUEIRA, 2010).

Alguns trabalhos com esta espécie, com o intuito de quantificar os níveis de contaminantes nestes indivíduos, tem sido desenvolvidos (FERREIRA, 2006; KEHRIG *et al.*, 2011; SANTOS, 2011), no entanto, na BTS, local onde o C.

undecimalis possui uma grande importância para a pesca artesanal (SOUTO, 2004), poucos trabalhos neste âmbito foram realizados.

1.1.3.3 *CALLINECTES EXASPERATUS*

O *Callinectes exasperatus* (Gerstaecker, 1856), **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, é um crustáceo braquiúro pertencente à família Portunidae que apresenta a seguinte classificação taxonômica (MELO, 1996):

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Subclasse: Malacostraca

Odem: Decapoda

Infraordem: Brachyura

Família: Portunidae

Gênero: *Callinectes*

Espécie: *Callinectes exasperatus*



Figura 3. Exemplar de *Callinectes exasperatus* capturado na BTS.

Os portunídeos incluem crustáceos que toleram grandes variações de salinidade, sendo carnívoros que se alimentam de animais predados ou em decomposição, podendo ingerir sedimentos como fonte de matéria orgânica (WILLIAMS, 1974; CARVALHO, 2009).

Estão distribuídos desde o leste dos Estados Unidos até a Argentina, podendo ocorrer em outras regiões, sendo encontrados em lagunas, manguezais, estuários e na plataforma, em profundidades de até 90 metros (FAUSTO-FILHO, 1980; MELO, 1996; MANTELATTO & DIAS, 1999).

Conhecido como siri-de-mangue ou siri-açu, o *Callinectes exasperatus* ocorre desde a Flórida, Golfo do México, Antilhas, Venezuela até o Brasil (do Maranhão até Santa Catarina), habitando águas rasas, em ambientes salinos e estuarinos, próximos à boca de rios e de manguezais (CERVIGÓN *et al.*, 1992; MELO, 1996; SOUTO, 2004; CASAL & SOUTO, 2011).

São comumente encontrados às margens dos estuários, em áreas com menor salinidade, transparência e profundidade, sobre sedimentos contendo alto teor de matéria orgânica (CARVALHO, 2009).

De um modo geral, esta espécie é muito pouco estudada, tendo sido encontradas poucas informações referentes à biologia desta espécie, sendo também escassas informações referentes aos níveis de contaminantes nos tecidos deste crustáceo.

Tendo em vista que, assim como o *U. cordatus* e *C. undecimalis*, o *C. exasperatus* é um exemplar importante para a pesca artesanal, principalmente na porção norte da BTS, considerando ainda sua utilização como item alimentar pela população local (SOUTO, 2004), a quantificação dos níveis de metais traço em seus tecidos constitui num estudo de grande relevância, o qual poderá oferecer informações a respeito dos riscos associados à ingestão deste organismo para a saúde humana.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVOS GERAIS

Investigar os teores de elementos traço em peixes e crustáceos capturados na Baía de Todos os Santos, a fim de identificar os principais sítios de acumulação nestes organismos, o grau de poluição deste ecossistema, bem como os riscos associados à ingestão destes indivíduos na dieta humana.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os teores de elementos traço em tecidos de *Centropomus undecimalis*, *Ucides cordatus* e *Callinectes exasperatus*, bem como identificar seus principais locais armazenamento nestes organismos.
- Determinar o índice hepatossomático (IHS) em exemplares de *Centropomus undecimalis* e verificar o grau de relação com as concentrações do cádmio no tecido hepático.
- Comparar os níveis de metais em machos e fêmeas de *Ucides cordatus*.
- Determinar os teores de metais em amostras de água e sedimento coletados na porção norte da Baía de Todos os Santos.
- Calcular os fatores de bioacumulação (FBA) e bioconcentração (FBC) em *Ucides cordatus* e *Centropomus undecimalis*, respectivamente.
- Comparar os níveis de elementos traço encontrados nas porções comestíveis de *Centropomus undecimalis*, *Ucides cordatus* e *Callinectes exasperatus* com os limites máximos permitidos pela Legislação Federal (ANVISA) para metais em alimentos.
- Verificar se os níveis de metais nos tecidos de *Callinectes exasperatus* estão relacionados com a largura da carapaça.

1.3 PARTE EXPERIMENTAL

1.3.1 REAGENTES E SOLUÇÕES

Todas as soluções foram preparadas com reagentes de grau analítico e água ultrapura, com resistividade específica de $18 \text{ M}\Omega \text{ cm}^{-1}$, obtida através de um sistema de purificação Millipore (Milli-Q[®], Millipore, Bedford, MA, EUA). Foram preparadas soluções multielementares de trabalho a partir de soluções estoque contendo 1000 mg L^{-1} de Cd, Cu, Fe, Ni, e Zn (Merck, Alemanha). Na execução dos trabalhos experimentais, os seguintes reagentes foram utilizados: ácidos clorídrico (Carlo Erba, Itália), nítrico (Merck, Alemanha), peróxido de hidrogênio (Merck, Alemanha).

A descontaminação de vidrarias, frascos plásticos e materiais em geral foi realizada em banho ácido contendo HNO_3 10% v/v, por no mínimo 24h. Posteriormente, os materiais foram lavados abundantemente com água deionizada.

1.3.2 ÁREA DE ESTUDO

A Baía de Todos os Santos (Figura 4), localizada entre as coordenadas $12^{\circ}50'S$ e $38^{\circ}38'W$, apresenta uma área de 1.233 km^2 e uma bacia de drenagem de 60.000 km^2 , sendo a segunda maior baía do Brasil. É drenada pelos rios Paraguaçu, Jaguaripe e Subaé, os quais são responsáveis por 74% da descarga fluvial total (CIRANO & LESSA, 2007; HATJE & ANDRADE, 2009). Em virtude do crescimento urbano e do desenvolvimento industrial em seu entorno, vários eventos de poluição por efluentes industriais e esgotos domésticos têm ocorrido, os quais têm contribuído para a diminuição da qualidade ambiental nesta formação (BARROS *et al.*, 2009).

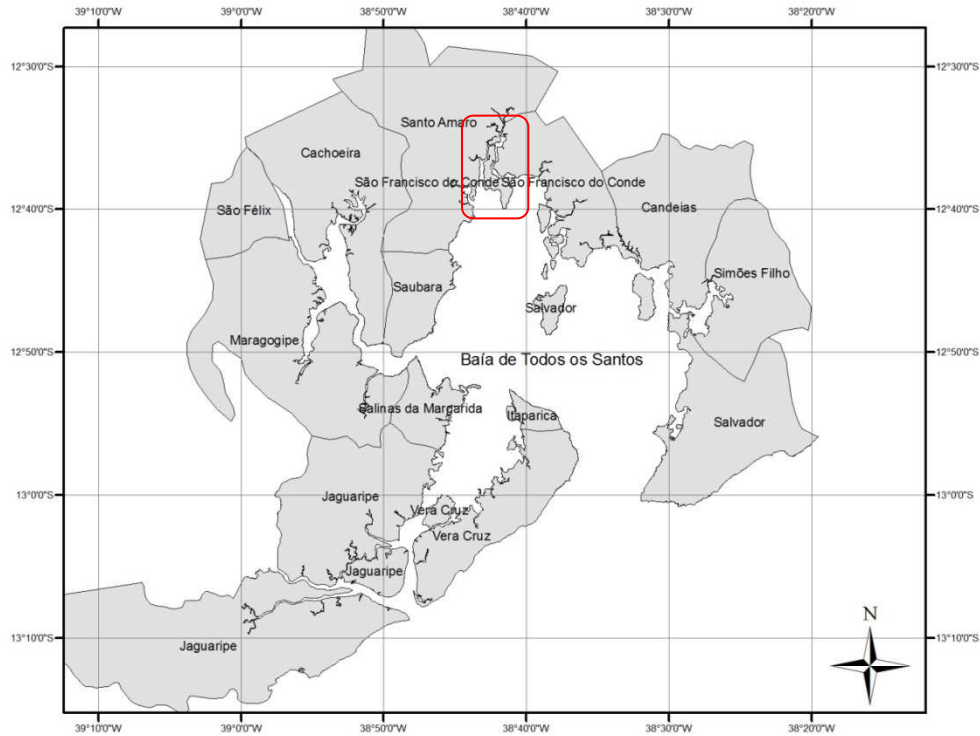


Figura 4. Mapa da Baía de Todos os Santos, com destaque para a área de captura.

1.3.3 AMOSTRAGEM

Todas as amostragens foram realizadas entre o período de novembro de 2010 a novembro de 2011 (Tabela 1), na porção norte da Baía de Todos os Santos, em destaque no mapa (Erro! Fonte de referência não encontrada.)

Tabela 1. Amostragem da biota, água e sedimento na Baía de Todos os Santos.

ESPÉCIE	MÊS/ANO	MODO DE CAPTURA
<i>Centropomus undecimalis</i>	NOVEMBRO/2010	Rede de espera
Amostra de água	MARÇO/2011	
<i>Ucides cordatus</i>	MARÇO/2011	Braçamento
Amostra de sedimento	NOVEMBRO/2011	
<i>Callinectes exasperatus</i>	MARÇO/2011	Jeréré

Após capturados, os exemplares de peixes e crustáceos foram transportados em caixas térmicas e encaminhados ao Laboratório de Bioquímica da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia onde foram analisados.

As amostras de *U. cordatus* foram coletadas, por meio da técnica de braçamento, na qual, coletores locais introduzem o braço nas galerias destes crustáceos, realizando a retirada. Após captura, estes indivíduos foram caracterizados quanto ao sexo com base na observação do abdômen.

Amostras de sedimentos foram coletadas nos locais de captura dos exemplares de *U. cordatus*, tendo sido retiradas por meio de pá de material plástico, descontaminada, e armazenada em sacos de polietileno identificados.

Os exemplares de *C. undecimalis* foram capturados por meio de rede de espera por pescadores artesanais locais. As amostras de água foram coletadas e armazenadas em frascos de polietileno e conservadas sob refrigeração (4°C) após acidificação até o momento da determinação dos analitos.

Os exemplares de *C. exasperatus* foram capturados apenas em março de 2011, por pescadores artesanais, os quais utilizaram a arte de pesca jereré.

Para avaliação dos procedimentos de digestão das amostras, foram usados dois materiais de referência certificados, o NIST SRM 1566b - Oyster Tissue (molusco) e o NIST SRM 1646a – Estuarine Sediment (sedimento estuarino).

1.3.4 PREPARO DA AMOSTRA

1.3.4.1 UCIDES CORDATUS

Os exemplares de *Ucides cordatus* foram identificados até o nível de espécie, com base em manuais e chaves de identificação (CERVIGÓN, *et al.*, 1992; MELLO, 1996). O registro das medidas de peso total, em gramas, (Pt) e largura da carapaça (LC), em mm, foi realizado utilizando balança analítica (0,0001 g) e paquímetro (0,01 mm), respectivamente. Foi realizada a dissecação dos indivíduos, utilizando

material cirúrgico inoxidável, tendo sido separadas porções de músculo, dos quelípodos e da região abdominal, hepatopâncreas e brânquias. O material dissecado foi estocado em sacos de polietileno identificados, nos quais foram mantidos em refrigeração em ultrafreezer a -40°C até liofilização. Após desidratação, o material foi macerado em almofariz e pistilo de porcelana, peneirados e estocados em recipientes de polietileno previamente descontaminados.

A digestão das amostras com HNO_3 65% v/v e H_2O_2 30% v/v foi realizada em sistema aberto, utilizando aquecimento condutivo em placa de aquecimento. Neste procedimento foram utilizadas 5 mL de ácido nítrico e 2 ml de peróxido de hidrogênio, em aquecimento a 120°C num período de digestão de uma hora e meia. Foram usadas alíquotas de cerca de 100 mg de amostra, para hepatopâncreas e brânquias, e 250 mg, para tecido muscular. As soluções resultantes do processo de digestão foram avolumadas a 25 ml com água ultrapura.

1.3.4.2 SEDIMENTOS

As amostras de sedimento foram secas em estufa, a 60°C por 48 horas, moídas e peneiradas em peneiras com malhas de $300\ \mu\text{m}$ e $100\ \mu\text{m}$. Para a extração, foram utilizadas cerca de 500 mg de amostra, procedimento adaptado do método EPA 3050B. Neste processo foi acrescentado ao sedimento 10,0 mL de ácido nítrico 65% v/v, aquecido por 30 minutos, a 95°C . Após resfriamento, foi adicionado 3,0 mL de H_2O_2 30% v/v e aquecido até redução de volume a aproximadamente 5,0 mL, quando foi adicionado 10,0 mL de HCl concentrado, para aquecimento sobre refluxo até o digerido retornar ao volume de 5,0 mL. O material resultante foi filtrado e avolumado a 25,0 mL com água ultrapura.

1.3.4.3 CENTROPOMUS UNDECIMALIS

Os exemplares de *C. undecimalis* foram avaliados quanto ao peso total e peso do fígado, em gramas, e comprimento total, em centímetros. Os dados morfométricos aferidos foram utilizados na determinação do índice hepatossomático (IHS) através da seguinte fórmula (VAZZOLER, 1996):

$$\text{IHS} = \text{Pf}/\text{Pt} \times 100$$

Onde,

Pf= massa do fígado (g)

Pt=massa total do animal (g)

Os exemplares foram dissecados, separados em porções de tecido muscular, fígado e brânquias, as quais foram estocadas em sacos de polietileno identificados e mantidas sob refrigeração. Todo o material foi liofilizado e moído e em seguida agrupados em amostras compostas, a partir das classes constituídas com base no comprimento total. As amostras foram digeridas conforme procedimento descrito para o *Ucides cordatus*, tendo sido utilizadas cerca de 100 mg de amostras, para brânquias e fígado, e 250 mg para tecido muscular.

1.3.4.4 CALLINECTES EXASPERATUS

Os exemplares de *Callinectes exasperatus* foram identificados até o nível de espécie, conforme procedimento realizado com o *Ucides cordatus*. Posteriormente foi feita a caracterização sexual, com base na observação do abdômen, e a biometria, tendo sido extraídas a largura da carapaça (LC) em mm, equivalente à distância entre os espinhos laterais, bem como o peso total (Pt) em gramas. Cada exemplar foi dissecado e separado em porções de músculo, dos quelípodos e da região abdominal, hepatopâncreas e brânquias.

Os indivíduos foram distribuídos em classes com intervalos de 5 cm, as quais foram utilizadas como base para constituição de amostras compostas de brânquias e hepatopâncreas. Todo o material biológico foi liofilizado e moído e alíquotas de cerca de 250 mg foram digeridas com HNO₃ 65% v/v e H₂O₂ 30% v/v, utilizando aquecimento condutivo em placa de aquecimento.

1.3.5. DETERMINAÇÃO DOS ANALITOS

A determinação dos analitos de interesse foi realizada utilizando um Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma de Argônio Indutivamente Acoplado (ICP OES) simultâneo com visão axial e detector de estado sólido VISTA PRO (Varian, Mulgrave, Austrália). O sistema óptico do ICP OES foi calibrado com solução de referência multielementar e o alinhamento da tocha foi realizado com uma solução de Mn 5,0 mg L⁻¹. As linhas espectrais foram selecionadas considerando-se as intensidades dos sinais de emissão dos analitos e do sinal de fundo, o desvio padrão das medidas e a sensibilidade adequada para a determinação de elementos presentes em altas e baixas concentrações nas amostras. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**2 estão apresentados os parâmetros instrumentais com as condições utilizadas para as determinações dos analitos.

Tabela 2. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Parâmetros instrumentais para as medidas por ICP OES axial.

CARACTERÍSTICAS E PARÂMETROS	
Rádio-frequência do gerador (MHz)	40
Detector	CCD
Diâmetro interno do tubo central da tocha (mm)	2,3
Policromador	Grade de difração <i>Echelle</i> e prisma de dispersão de CaF ₂
Faixa de comprimento de onda (nm)	167 – 785
Câmara de nebulização	<i>Sturman-Masters</i>
Nebulizador	Ranhura em V
Potência de medida (W)	1300
Tempo de integração do sinal (s)	1,0
Vazão do gás do plasma (L min ⁻¹)	15
Vazão do gás auxiliar (L min ⁻¹)	1,5
Vazão gás de nebulização (L/ min ⁻¹)	0,70
Elementos e comprimentos de onda (nm)	Cd 226,502; Cu 324,754; Fe 238,204; Ni 216,555; Zn 213, 857

1.3.6 Fator de bioacumulação - FBA

O fator de bioacumulação (FBA) é utilizado para determinar a tendência da acumulação de um dado composto/elemento a partir do alimento ou sedimento (BURATINI & BRANDELLI, 2008) tendo sido calculado, para o *Ucides cordatus*, por meio da seguinte fórmula:

$$FBA = C_o/C_s$$

Onde:

C_o = concentração do composto no organismo ($\mu\text{g g}^{-1}$);

C_s = concentração do composto no sedimento ($\mu\text{g g}^{-1}$).

1.3.7 FATOR DE BIOCONCENTRAÇÃO (FBC)

O fator de bioconcentração constitui num termo utilizado para quantificar a tendência de um composto se concentrar em organismos aquáticos, sendo a relação entre a concentração do contaminante/elemento no organismo e sua concentração na água (BURATINI & BRANDELLI, 2008). O fator de bioconcentração foi calculado para o *Centropomus undecimalis*, considerando os teores encontrados no fígado, músculo e brânquias, nos meses de novembro e março.

1.3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Análise de variância (ANOVA) foi aplicada com posterior teste de Skott-Knoot para comparar e avaliar as concentrações médias dos metais nas amostras de *Ucides cordatus*, *Callinectes exasperatus* e *Centropomus undecimalis*, bem como os

valores referentes aos fatores de bioacumulação e bioconcentração, tendo sido utilizado o programa estatístico SISVAR 5.3. (FERREIRA, 2010).

Capítulo II

**Níveis de elementos traço em
Ucides cordatus (Ocypodidae:
Decápoda) capturados na Baía de
Todos os Santos, Bahia, Brasil**

2.1. RESULTADOS E DISCUSSÃO – *UCIDES CORDATUS*

Os dados referentes aos valores mínimo e máximo da largura da carapaça foram utilizados na fórmula de Sturges (PESO-AGUIAR, 1995) para determinação dos intervalos de classes, nas quais os exemplares foram distribuídos. Para isso, dentro de cada campanha, os indivíduos foram separados em machos e fêmeas e posteriormente, dentro de cada sexo, agrupados, com base nas classes, as quais foram utilizadas para constituição das amostras compostas.

2.1. BIOMETRIA

Os resultados referentes à frequência absoluta dos exemplares de *Ucides cordatus* capturados em março e novembro de 2011 estão apresentados na Figura 5. Foram capturados um total de 63 exemplares de *Ucides cordatus*, sendo 25 fêmeas e 38 machos. Em março, foram coletados 22 machos e 10 fêmeas, com valores médios de LC iguais a $66,6 \pm 4,5$ e $63,3 \pm 6,6$ mm, respectivamente, enquanto em novembro foram capturados 31 indivíduos, incluindo 15 fêmeas e 16 machos, com largura média da carapaça iguais a $55,6 \pm 4,9$ e $59,1 \pm 5,2$ mm, respectivamente.

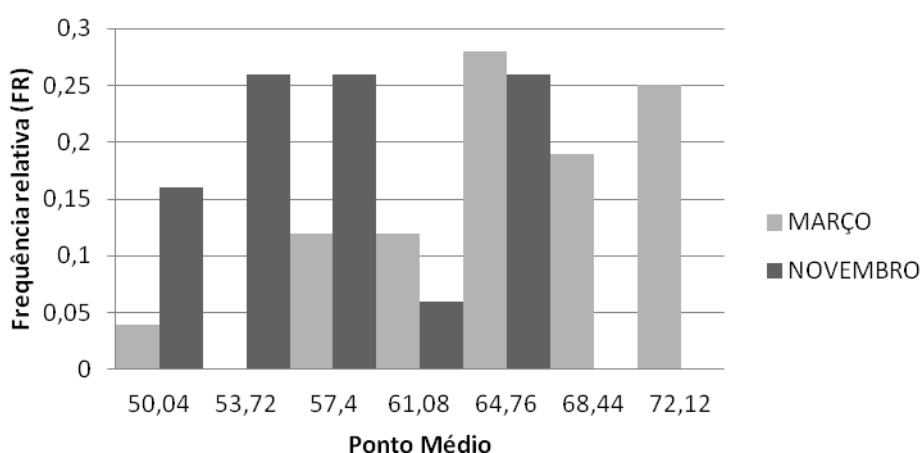


Figura 5. Frequência Relativa em função do Peso Médio dos exemplares de *Ucides cordatus* capturados na Baía de Todos os Santos nos meses de março e novembro.

2.2 VALIDAÇÃO DO MÉTODO EMPREGADO

Para validação do método empregado no processo de digestão, amostras certificadas de moluscos e sedimentos foram digeridas, sendo os resultados encontrados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Concentrações médias ($\mu\text{g g}^{-1}$) dos metais encontrados nas amostras de material de referência certificada e limite de quantificação (n=3).

AMOTRA	ELEMENTOS	VALORES CERTIFICADOS	VALORES ENCONTRADOS	LQ
TECIDO DE OSTRA (OYSTER TISSUE 1566B)	Cd	2,48 \pm 0,08	2,46 \pm 0,08	0,08
	Zn	1424 \pm 46	1310,87 \pm 29,69	6,01
	Cu	71,6 \pm 1,6	64,56 \pm 2,32	0,16
	Ni	1,04 \pm 0,09	0,96 \pm 0,04	0,21
SEDIMENTO ESTUARINO (ESTUARINE SEDIMENT 1646a)	Cd	0,148 \pm 0,007	<LQ.	0,02
	Zn	48,9 \pm 1,6	41,06 \pm 6,69	8,60
	Cu	10,01 \pm 0,34	8,22 \pm 0,88	0,16

LQ=Limite de quantificação.

2.3. TEOR DE METAIS NOS DIFERENTES TECIDOS

As concentrações médias de cobre e zinco, nas brânquias, músculo e hepatopâncreas de *Ucides cordatus*, estão apresentadas na Figura 6.

Os teores de cobre encontrados em *Ucides cordatus* variaram entre 41,33 e 329,00 $\mu\text{g g}^{-1}$, em março, e 56,67 e 246,00 $\mu\text{g g}^{-1}$, em novembro.

As brânquias constituíram o principal local de armazenamento de cobre nas fêmeas e machos nas duas campanhas amostrais, semelhante ao verificado em *Trichodactylus fluviatilis* (CHAGAS, 2008), *Panulirus gracilis* (MORALES-HERNANDÉZ *et al.*, 2004) e *Pseudocarcinus gigas* (TUROCZY *et al.*, 2001). Este

órgão constitui o principal sítio para as trocas iônicas e respiratórias e, muitas vezes, é o primeiro alvo de poluentes, uma vez que, em virtude da alta permeabilidade, possibilita uma adsorção passiva de metais traço dissolvidos (BOITEL E TRUCHOT, 1989; RAINBOW, 1988).

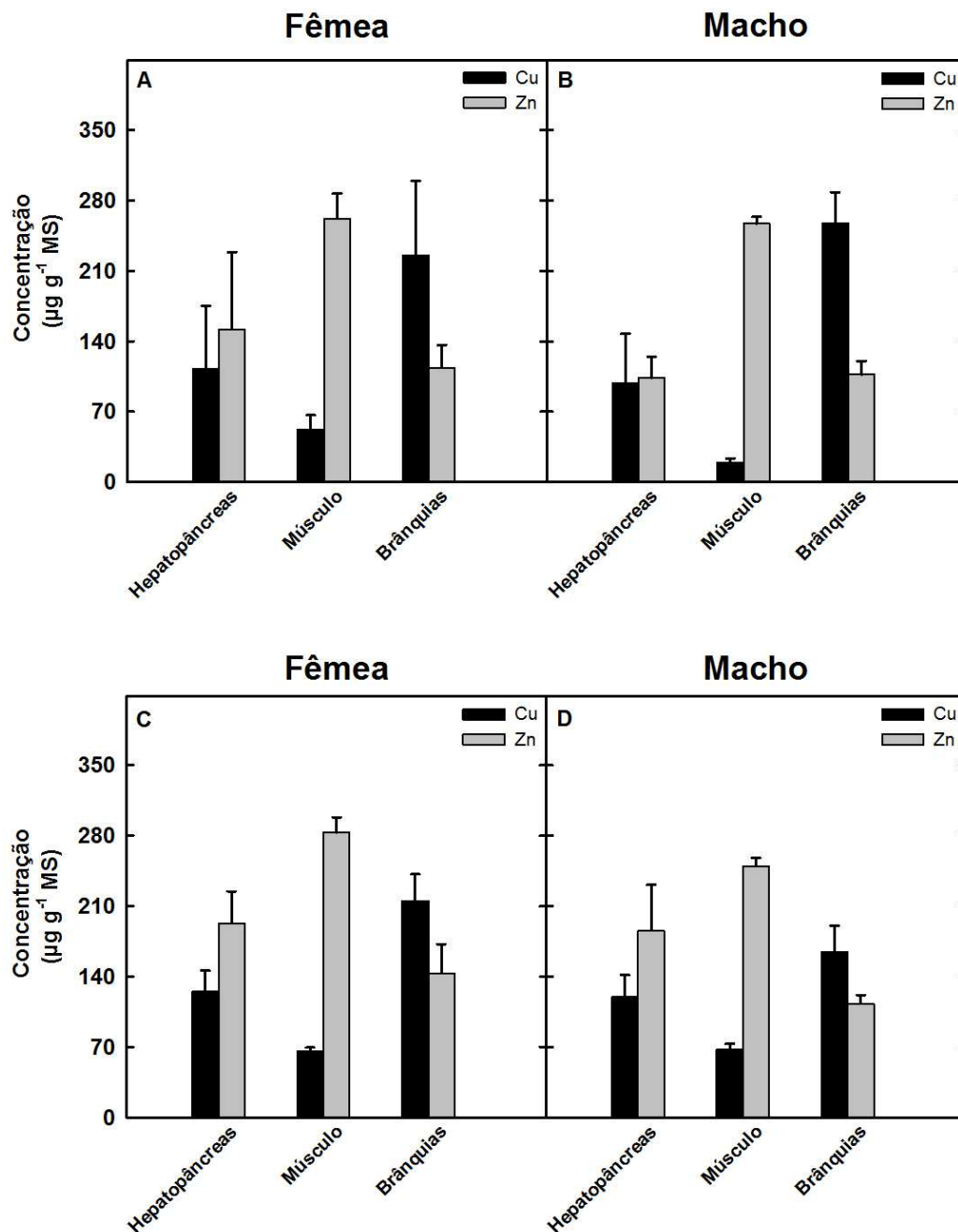


Figura 6. Níveis de Cu e Zn encontrados em tecidos de *Ucides cordatus* capturados em março (A e B) e novembro (C e D) de 2011, na BTS.

O cobre é um micronutriente essencial para os crustáceos, atuando como cofator em muitos processos enzimáticos (PAGANINI & BIANCHINI, 2009), sendo

encontrado no pigmento respiratório hemocianina, presente na hemolinfa, constituindo num elemento importante para metabolismo energético destes organismos (RAINBOW, 1997). No entanto, pode ser potencialmente tóxico a estes organismos quando disponível em excesso no ambiente aquático (MARTINS *et al.*, 2011), podendo reduzir a taxa de crescimento, causar disfunções respiratórias, bem como estresse oxidativo (BOITEL & TRUCHOT, 1989; MAHARAJAN *et al.*, 2011).

Nos exemplares coletados no mês de março, o músculo constituiu o principal sítio de acumulação de zinco, sendo a concentração observada significativamente superior aos teores nos demais tecidos, entre os quais não foi indicada diferença significativa ($p < 0.05$). Para os indivíduos coletados no mês de novembro, os teores médios nos três tecidos diferiram entre si, tendo sido observado o maior e menor teor no tecido muscular e brânquias, respectivamente.

Os resultados encontrados estão de acordo com o observado em *Ucides cordatus*, (JESUS *et al.*, 2003), *Trichodactylus fluviatilis* (CHAGAS, 2008), *Portunus pelagicus* (AL-MOHANNA & SUBRAHMANYAM, 2001), e *Callinectes sapidua* (JOP *et al.*, 1997), nos quais o músculo também constituiu o principal sítio de acumulação de zinco, o que pode estar relacionado à atuação deste elemento no processo de contração muscular ou à presença de proteínas metaloligantes neste tecido (BRYAN, 1967; EISLER, 1981). Padrão de acumulação distinto foi observado em *Penaeus semisulcatus* (POURANG *et al.*, 2005; FIRAT *et al.*, 2008), *Astacus leptodactylus* (NAGHSHBANDI *et al.*, 2007), *Panulirus gracilis* (HERNÁNDEZ *et al.*, 2004), *Litopenaeus vannamei* (FRÍAS-ESPERICUETA *et al.*, 2009) e *Charybdis longicollis* (FIRAT *et al.*, 2008), nos quais o hepatopâncreas constituiu o principal órgão de acumulação. O zinco, assim como o cobre, é um elemento traço essencial para os caranguejos, porém, níveis elevados podem ser tóxicos (PHILLIPS & RAINBOW, 1993), podendo causar retardo no crescimento, bem como redução do consumo de oxigênio (WU & CHEN, 2005; BARBIERI, 2009).

Os níveis médios de níquel e cádmio nas brânquias, hepatopâncreas e tecido muscular de *U. cordatus* estão apresentados nas Figuras 7 e 8, respectivamente.

Os maiores teores de níquel foram observados no hepatopâncreas, conforme $p < 0,05$, nas duas campanhas amostrais.

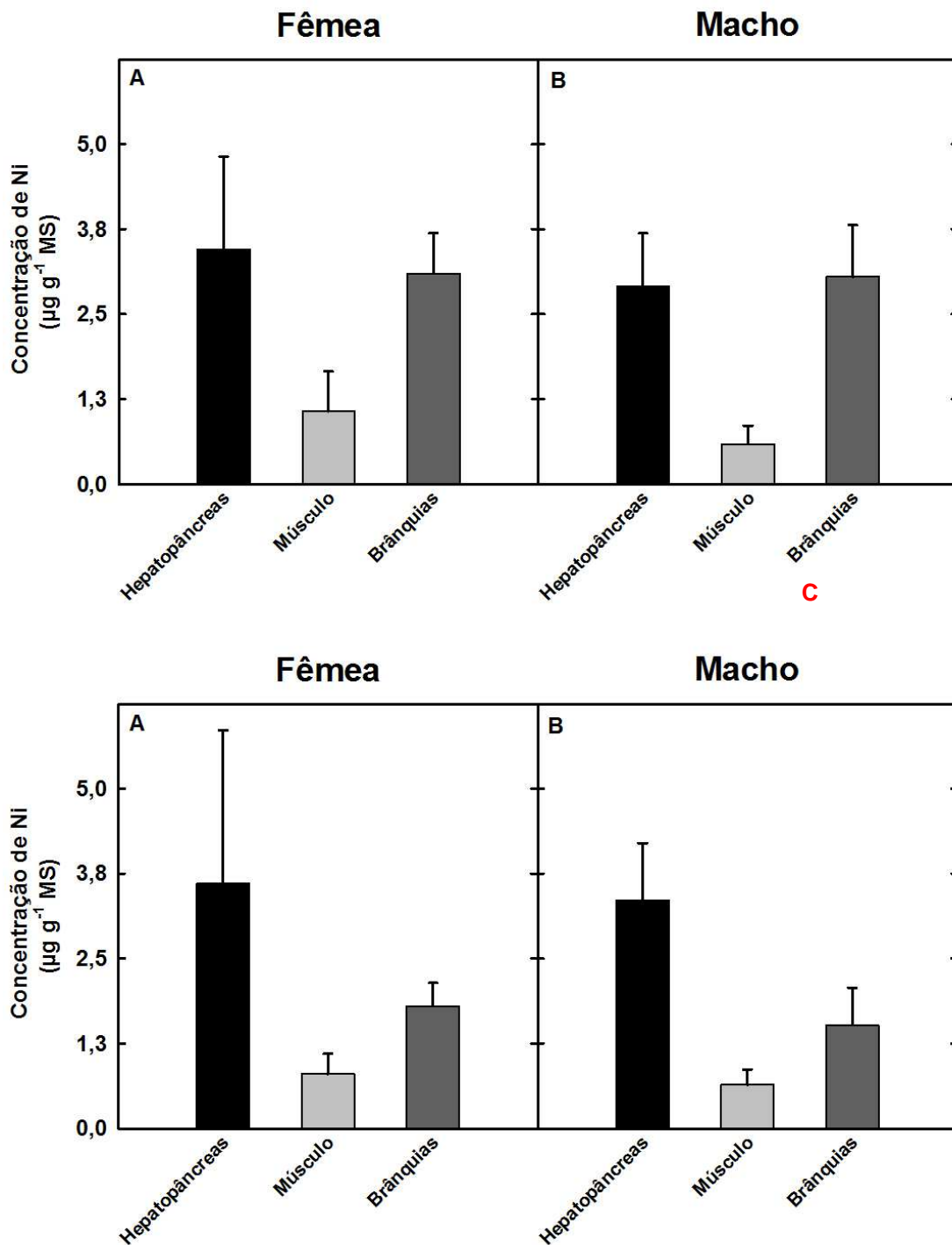


Figura 7. Níveis de Ni encontrados em tecidos de *Ucides cordatus* capturados em março (A e B) e novembro (C e D) de 2011, na BTS.

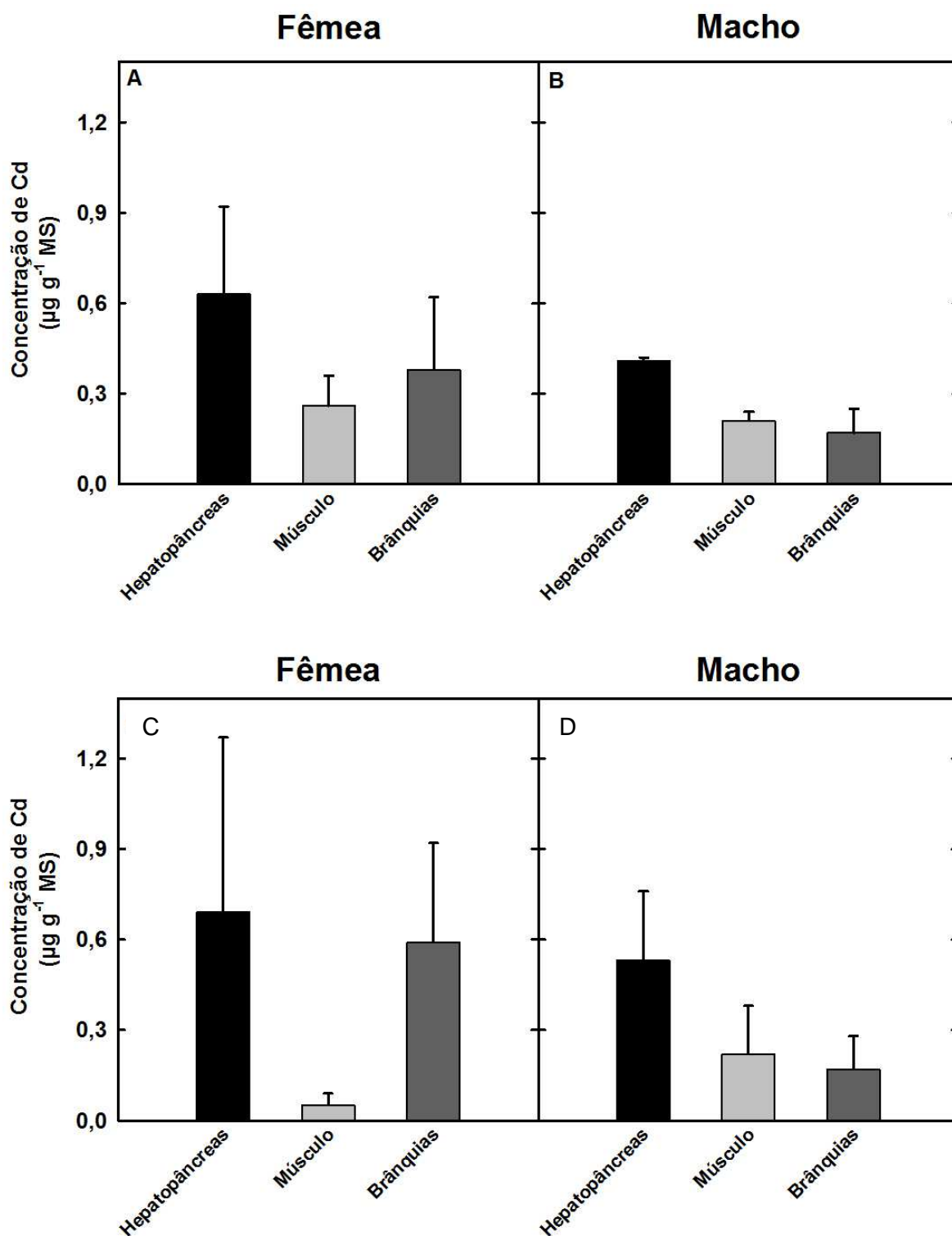


Figura 8. Níveis de Cd encontrados em tecidos de *Ucides cordatus* capturados em março (A e B) e novembro (C e D) de 2011, na BTS.

Nos exemplares capturados em novembro, os níveis presentes no tecido muscular apresentaram-se abaixo do limite de detecção, tanto em machos quanto

em fêmeas, e em virtude disso, para este período, só foram analisadas as concentrações no hepatopâncreas e tecido branquial.

O níquel é um elemento conhecido pela sua toxicidade, persistência e capacidade de bioacumulação, porém, em baixas concentrações, é essencial para o desempenho de diversas funções nos organismos (ALIKHAN & ZIA, 1989; MUYSSSEN *et al.*, 2004).

Estudos têm mostrado que os maiores teores deste elemento são encontrados no exoesqueleto, seguido do hepatopâncreas, sendo os menores níveis observados no tecido muscular (EISLER, 2011; MACKEVIČIENĖ, 2002; BAGATTO & ALIKHAN, 1987). As maiores concentrações de níquel no exoesqueleto sugerem que essa estrutura esteja envolvida com a excreção deste elemento (BAGATTO & ALIKHAN, 1987) e assim com os processos de desintoxicação.

Os maiores teores de cádmio, assim como observado para o níquel, foram encontrados no hepatopâncreas, nas duas campanhas amostrais, semelhante ao verificado em outros crustáceos, como em *Charybdis longicollis*, *Penaeus semisulcatus* (FIRAT *et al.*, 2008), e *Litopenaeus vannamei* (FRÍAS-ESPERICUETA *et al.*, 2009). O hepatopâncreas constitui o principal órgão de absorção, estocagem e secreção de metais, estando envolvido diretamente com os processos de desintoxicação nesses organismos (ROESIJADI & ROBINSON, 1994; YANG *et al.*, 2007) sendo esse processo resultado de várias atividades intracelulares que ocorrem em células do epitélio hepatopancreático buscando manter baixa a concentração desses íons no citoplasma (AHEARN *et al.*, 2004; ROESIJADIAND & ROBINSON, 1994; VIARENGO, 1989).

O cádmio não possui função biológica, sendo extremamente tóxico para vários organismos, podendo causar desde redução no consumo de oxigênio, como observado por Barbieri (2009) em *Farfantepenaeus paulensis*, até alterações no padrão reprodutivo, incluindo inibição da fecundidade e do crescimento gonadal (NAGABBHUSHANAN *et al.*, 1998; KOGAN, 2000). Em estudo realizado com o camarão *Litopenaeus vannamei*, Wu & Chen (2005) observaram que a exposição deste crustáceo ao cádmio causou retardo no crescimento, diminuição da taxa de consumo do alimento e citotoxicidade hepatopancreática.

De um modo geral, houve uma maior bioacumulação de metais traço essenciais, principalmente zinco e cobre, os quais, de acordo com alguns autores, não são normalmente acumulados, mas sim regulados até certos limites, podendo ocorrer bioacumulação, caso os níveis disponíveis no ambiente excedam os limites para regulação nos organismos (WHITE & RAINBOW, 1982; RAINBOW, 1985; MACFARLANE *et al.*, 2000).

A regulação metabólica das concentrações de elementos essenciais faz com que seus níveis não sofram grandes flutuações, sendo as diferentes concentrações observadas em espécies distintas, geralmente reflexo das exigências fisiológicas diferenciadas, e não necessariamente dos níveis ingeridos. Para elementos sem função biológica, uma vez que não sofrem regulação, são acumulados em proporção à sua disponibilidade no meio, sendo esse processo influenciado pelo hábito alimentar, idade, fisiologia, dentre outros fatores (SAVINOV *et al.*, 2003; MCMEANS *et al.*, 2007; KOJADINOVIC *et al.*, 2007; KAMARUZZAMAN *et al.*, 2012).

Tabela 4. Teor médio dos níveis de metais em músculo (m), brânquias (b) e hepatopâncreas (h) e padrão de acumulação nos tecidos em diferentes crustáceos ($\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco) em vários locais do mundo.

CRUSTÁCEO	ESPÉCIE	TECIDO	Zn	Cu	Cd	Ni	LOCAL
Camarão	<i>Litopenaeus vannamei</i> ^a	m	56	16,2	0,44	n.a.	Lagoas de Sinaloa, México.
		h	102,5	158,6	4,06	n.a.	
	<i>Penaeus semisulcatus</i> ^b	m	27,75	34,24	16,72	n.a.	Baía de Iskenderun, Turquia.
		h	690,2	795,0	80,89	n.a.	
		b	576,1	665,3	70,93	n.a.	
	<i>Penaeus brasiliensis</i> ^c	p.m.	n.a.	n.a.	0,08	n.a.	Baía de Todos os Santos, Brasil.
Caranguejo	<i>Charybdis longicollis</i> ^b	m	32,53	77,55	25,44	n.a.	Baía de Iskenderun, Turquia.
		h	804,8	935,1	111,2	n.a.	
		b	698,1	827,0	75,50	n.a.	
	<i>Ucides cordatus</i> ^d	m	310*	24*	0,105*	n.a.	Estuário de Vitória, Brasil.
		h	165*	17*	0,1*	n.a.	
		b				n.a.	
	<i>Ucides cordatus</i> (Este estudo)	m	263,0±14,2	58,7±9,2	0,19±0,09	0,78±0,22	Baía de Todos os Santos, Brasil.
		h	158,6±40,8	113,9±12,0	0,57±0,12	3,33±0,30	
		b	119,3±16,2	215,6±38,5	0,32±0,20	2,37±0,83	

PEIXES	<i>Centropomus undecimalis</i>^c	m	n.a.	n.a.	0,075 ± 0,002	n.a.	Baía de Todos os Santos, Brasil.
MOLUSCOS	<i>Mytella guyanensis</i>^c	p.m.	n.a.	n.a.	1,045 ± 0,003	n.a.	Baía de Todos os Santos, Brasil.
	<i>Crassostrea rhizophorae</i>^e	p.m.	4733 ± 1291	526,1 ± 153,8	8,29 ± 2,43	4733 ± 1291	Baía de Todos os Santos, Brasil.

p.m. = partes moles. Referência: a. FRÍAS-ESPERICUETA *et al.*, 2009; b. FIRAT *et al.*, 2008; c. SANTOS, 2011; d. JESUS *et al.*, 2003; e. AMADO-FILHO, 2008.

* Valores em peso úmido convertidos a peso seco (fator de conversão 5,0); n.a.: não analisado.

Os crustáceos apresentados na Tabela 4 foram capturados em áreas contaminadas por metais traço resultantes de diversas fontes, incluindo efluentes agrícolas, industriais e domésticos, semelhante à situação verificada na Baía de Todos os Santos (JESUS *et al.*, 2003; FIRAT *et al.*, 2008; FRÍAS-ESPERICUETA *et al.*, 2009;. SANTOS, 2011).

De um modo geral, com relação aos teores de metais, observam-se variações interespecíficas, bem como dentro de uma mesma espécie, o que pode estar relacionado a padrões ecológicos e fisiológicos distintos, bem como às características ambientais relacionadas ao clima, água e sedimentos, as quais podem influenciar na biodisponibilização destes elementos e na consequente bioacumulação pelos organismos (RIBEIRO *et al.*, 2005; BURATINI & BRANDELLI, 2008).

Comparando os teores entre exemplares de *U. cordatus* capturados em locais diferentes, pode se verificar que os níveis de cobre observados nos indivíduos capturados na BTS foram maiores, quando comparados às concentrações verificadas nos exemplares coletados do estuário de Vitória (JESUS *et al.*, 2003), tendo sido observado valores semelhantes para o zinco e cádmio.

Entre os organismos capturados na BTS, observa-se que os níveis de cádmio foram mais elevados nos moluscos, seguido do *U. cordatus*, tendo sido verificada as menores concentrações em peixes e camarões. Os maiores teores de metais observados nos moluscos bivalves podem está relacionado ao fato destes organismos serem filtradores, o que possibilita a retenção de partículas em seus tecidos (PEREIRA *et al.*, 2002; CARVALHO, 2006).

O *U. cordatus* também assimilou elevados teores de metais, o que pode está relacionado ao hábito deste organismo, os quais vivem em contato direto com o sedimento, ingerindo-o como fonte de matéria orgânica (COSTA & NEGREIROS-FRANSOZO, 2001; NORDHAUS, 2003).

2.4. TEOR DE METAIS EM FUNÇÃO DO SEXO

De um modo geral, os teores médios encontrados nos tecidos analisados não apresentaram diferença significativa entre os sexos, exceto para os níveis de zinco no músculo, cobre e cádmio nas brânquias, na segunda campanha amostral, os quais foram mais elevados em exemplares fêmeas. Os resultados encontrados são semelhantes ao verificado nos caranguejos *Heloecius cordiformis* (MACFARLANE *et al.*, 2000) e *Cancer pagurus* (BARRENTO *et al.*, 2009), nos quais nas fêmeas também foram verificadas as maiores concentrações.

BARRENTO *et al.*, (2009), ao compararem os níveis de macroelementos e de traço em fêmeas e machos de *Cancer pagurus*, observaram maiores teores de macroelementos em machos, enquanto os maiores níveis de microelementos foram observados em fêmeas. De acordo com os autores, os resultados sugerem que as fêmeas tenham uma maior necessidade de Fe, Cu, Zn e Se, enquanto os machos requerem maiores quantidades de Cl, K e Ca, sendo este último constituinte do exoesqueleto, o qual é maior nestes indivíduos (WOLL, 2006).

Páez-Osuna *et al.*, (1995) em estudo realizado com *Panulirus inflatus*, verificaram que os níveis de Co, Fe e Zn, (exoesqueleto), e Cu, Mn e Ni, (músculo e gônadas), foram mais elevados em fêmeas, tendo sido encontrado, no entanto, maiores concentrações de Cu e Ni no exoesqueleto de machos.

Hábitos migratórios distintos entre machos e fêmeas podem refletir em padrões diferenciados no hábito alimentar, os quais podem ser mais ou menos diversificados, (WOLL, 2006), podendo assim influenciar no tipo e na concentração dos metais assimilados. Diferenças na bioacumulação de metais traço entre os sexos podem também estar relacionadas às taxas de crescimento e às atividades metabólicas diferenciadas (YILMAZ & YILMAZ, 2007; BARRENTO *et al.*, 2009).

2.5. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM OS LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA ANVISA

Os níveis de metais encontrados no hepatopâncreas e tecido muscular (porções comestíveis) em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso úmido estão apresentados nas **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e 6.

Tabela 5. Teor médio de cobre, zinco, cádmio e níquel, em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso úmido, em hepatopâncreas (HEP) e tecido muscular (MUS) de fêmeas de *Ucides cordatus* capturados na Baía de Todos os Santos e respectivos valores limites permitidos pela ANVISA (Decreto 55871/1965).

	MAR		NOV		LIMITE
	HEP	MUS	HEP	MUS	
Zn	55,15 ± 9,05	80,88±4,33	43,43± 21,89	74,87±7,06	50
Cu	35,81 ± 5,94	18,83±1,02	32,10 ±17,92	15,03±4,00	30
Cd	0,20 ±0,17	0,02 ±0,01	0,18 ±0,08	0,08 ±0,03	1
Ni	1,03 ±0,65	0,23±0,08	0,98 ±0,39	0,31±0,17	5

Tabela 6. Teor médio de cobre, zinco, cádmio e níquel, em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso úmido, em hepatopâncreas (HEP) e tecido muscular (MUS) de machos de *Ucides cordatus* capturados na Baía de Todos os Santos e respectivos valores limites permitidos pela ANVISA (Decreto 55871/1965).

	MAR		NOV		LIMITE
	HEP	MUS	HEP	MUS	
Zn	53,06 ± 13,0	71,44±2,35	29,61± 1,97	73,41±7,06	50
Cu	34,18 ± 6,28	19,20±1,71	28,09 ± 5,68	14,04±1,09	30
Cd	0,15 ±0,06	0,06 ±0,04	0,09 ±0,07	0,05 ±0,02	1
Ni	0,96 ±0,24	0,18±0,07	0,83 ±0,22	0,17±0,08	5

Dos elementos analisados, foram encontradas, para algumas amostras, concentrações de zinco (tecido muscular e hepatopâncreas) e cobre (hepatopâncreas), acima dos níveis recomendados pela Legislação Brasileira, a qual determina, através da ANVISA no Decreto 55871 (BRASIL,1965), níveis limites de

cádmio, níquel, cobre e zinco em alimentos, iguais a 1, 5, 30 e 50 ppm, respectivamente.

Em pequenas concentrações, o zinco constitui-se um elemento essencial para o homem, assim como para outros seres vivos, porém, quando em excesso, pode acarretar alguns problemas, incluindo redução da concentração de cobre no plasma, dores musculares, sangramento intestinal, anorexia, anomalias cerebrais e diminuição da imunidade (ALLOWAY, 1993; SHIMMA, 1995; JEN & YAN, 2010). Do mesmo modo, o cobre, em altas concentrações, pode resultar em efeitos tóxicos devido à sua afinidade com grupos sulfidrilas de muitas proteínas e enzimas, podendo assim interferir nas atividades catalíticas de importantes biomoléculas e inclusive provocar algumas doenças, como epilepsia, melanoma e artrite reumatóide (SARGENTELLI *et al.*, 1996)

2.6. NÍVEIS DE METAIS NO SEDIMENTO E FATOR DE BIOACUMULAÇÃO (FBA)

Os resultados referentes aos teores de metais no sedimento, nos tecidos de *Ucides cordatus* e o fator de bioacumulação (FBA), em março e novembro de 2011, estão apresentados na Tabela 7. Para os níveis encontrados em *Ucides cordatus*, foram consideradas as médias observadas dos valores para machos e fêmeas, em cada campanha amostral.

Nas amostras de sedimento coletadas em março, não foram analisados os níveis de zinco, quanto ao cádmio, nas duas campanhas amostrais, seus teores estavam abaixo do limite de quantificação do método

Tabela 7. Concentração de Cu, Zn, Ni e Cd em sedimentos, músculo (Uc-M), heptopâncrea (Uc-H) e brânquias (Uc- B) de *Ucides cordatus*, em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco, capturados na BTS, com os respectivos valores do FBA para março e novembro de 2011.

	Cu	Zn	Ni	Cd
Março				
Sedimento	10,95 ± 0,63	n.a.	21,87 ± 0,80	<LQ
Uc - M	50,87 ± 2,46	-	0,83 ± 0,34	-
FBA - M	4,65	-	0,04	-
Uc - H	105,43 ± 9,94	-	3,18 ± 0,38	-

FBA - H	9,63	-	0,15	-
Uc - B	241,30 ± 22,62	-	3,08 ± 0,04	-
FBA - B	22,4	-	0,14	-
<i>Novembro</i>				
Sedimento	15,96 ± 0,98	43,90 ± 10,18	8,54 ± 0,36	<LQ
Uc - M	66,56 ± 0,91	266,55 ± 23,36	0,72 ± 0,11	0,14 ± 0,12
FBA - M	4,17	6,07	0,08	-
Uc - H	122,48 ± 4,03	189,37 ± 5,26	3,48 ± 0,16	0,61 ± 0,12
FBA - H	7,67	4,31	0,41	-
Uc - B	189,87 ± 36,07	128,11 ± 21,26	1,66 ± 0,19	0,38 ± 0,29
FBA - B	11,90	2,92	0,19	-

LQ=Limite de quantificação.

Nos exemplares coletados em março, o fator de bioacumulação variou entre 4,65 e 22,4, para o cobre, e entre 0,04 e 0,15, para o níquel. Em novembro, os valores para zinco e cobre variaram entre 4,17 e 11,90, e 2,92 e 6,07, respectivamente, enquanto o níquel, assim como em março, apresentou valores inferiores a um.

Os resultados do FBA para os três elementos analisados, confirmam o papel dos três compartimentos biológicos (brânquias, hepatopâncreas e músculo), como sítios preferenciais para armazenamento do Cu, Ni e Zn, respectivamente. No entanto, vale ressaltar que é de suma importância que estudos mais profundos, que analisem mais estruturas corporais, sejam realizados nestes e em outros organismos, de modo que um entendimento mais completo a respeito da acumulação de metais traço possa ser obtido. Os maiores valores de FBA foram encontrados para zinco e cobre, em conformidade com os resultados observados no crustáceo braquiúro *Carcinus sp.* (FALUSI & OLANIPEKUN, 2007) e no molusco bivalve *Crassostrea rhizophorae* (MILAZZO, 2011), os quais também encontraram resultados semelhantes ao observado para o níquel, onde foram verificados valores inferiores a um, indicando ausência de bioacumulação para este elemento.

2.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Níveis elevados de cobre e zinco foram encontrados em tecidos de *Ucides cordatus*, tendo sido verificados como sítios preferenciais de estocagem, para estes elementos, as brânquias e músculo, respectivamente.

Os resultados encontrados indicam níveis acima dos limites estabelecidos pela legislação brasileira, devendo a ingestão destes organismos pela espécie humana ser avaliada.

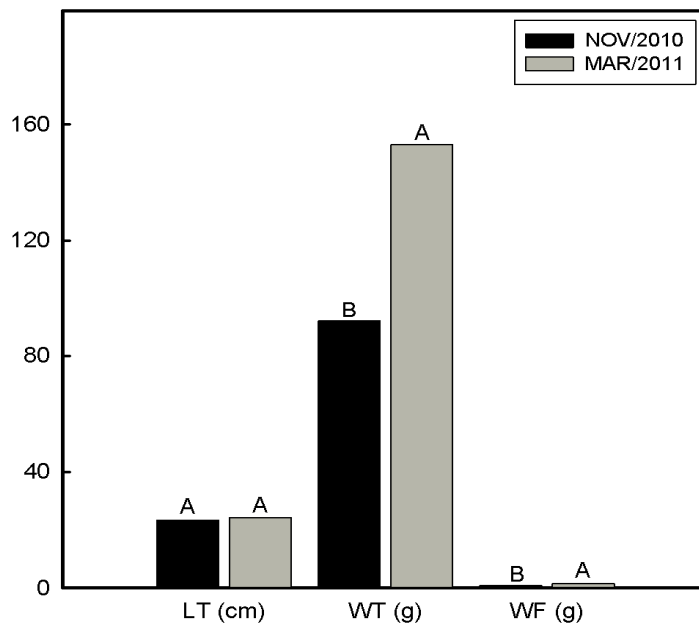
Capítulo III

Avaliação dos níveis de elementos traço em *Centropomus undecimalis* capturados na Baía de Todos os Santos

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO – *CENTROPOMUS UNDECIMALIS*

3.1 BIOMETRIA

Foram coletados 29 indivíduos, tendo sido vinte capturados em novembro, e nove em março, os quais apresentaram valores de comprimento total (Lt) variando entre 19,6 e 26,8 cm e, 20 e 29,1 cm, respectivamente. Com base nos valores de Lt obtidos, foram constituídas quatro classes, nas quais foram distribuídos os exemplares. Foram estabelecidos intervalos de 40 mm, para a classe 1 e 4, e 15 mm, para a classe 2 e 3, tendo sido considerados intervalos diferentes em virtude da baixa quantidade de exemplares adquiridos. Segue abaixo na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** os valores referentes à biometria dos indivíduos coletados.



Legenda: Letras iguais dentro do mesmo parâmetro indicam médias sem diferença significativa e letras diferentes indicam médias distintas dentro do mesmo parâmetro, de acordo com o teste de Skott-knott, a 5% de probabilidade.

Figura 9. Valores médios do comprimento total (Lt), peso total (WT) e peso do fígado (WF) em exemplares de *Centropomus undecimalis*, capturados em novembro de 2010 e março de 2011, classificados com base no teste de Skott Knott, a 95% de probabilidade.

As médias verificadas para o comprimento total não apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), tendo sido encontradas distinções para o peso total (WT) e peso do fígado (WF), os quais foram maiores nos exemplares capturados em março.

3.2. VALIDAÇÃO DO MÉTODO EMPREGADO

Para validação do método empregado no processo de digestão, amostras certificadas foram digeridas, sendo os resultados encontrados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Concentrações médias dos metais encontrados nas amostras certificadas de ostra (OYSTER TISSUE 1566b) e seus respectivos valores certificados.

ELEMENTOS	VALORES CERTIFICADOS	VALORES ENCONTRADOS
Cd	2,48 ± 0,08	2,46 ± 0,08
Zn	1424 ± 46	1310,87 ± 29,69
Cu	71,6 ± 1,6	64,56 ± 2,32
Fe	1,04 ± 0,09	0,96 ± 0,04

3.3. CONCENTRAÇÃO DE METAIS NOS TECIDOS

Os teores médios em ($\mu\text{g g}^{-1}$) de peso seco dos elementos Cd, Zn, Fe e Cu encontrados no fígado, brânquias e tecido muscular de *Centropomus undecimalis*, nos dois períodos estudados, estão apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Para o zinco, os níveis encontrados nas brânquias e fígado foram significativamente superiores aos teores encontrados no tecido muscular, tendo sido encontradas concentrações entre 0,23 e 167,18 $\mu\text{g g}^{-1}$, em novembro, e 15,65 e 115,94 $\mu\text{g g}^{-1}$, em março.

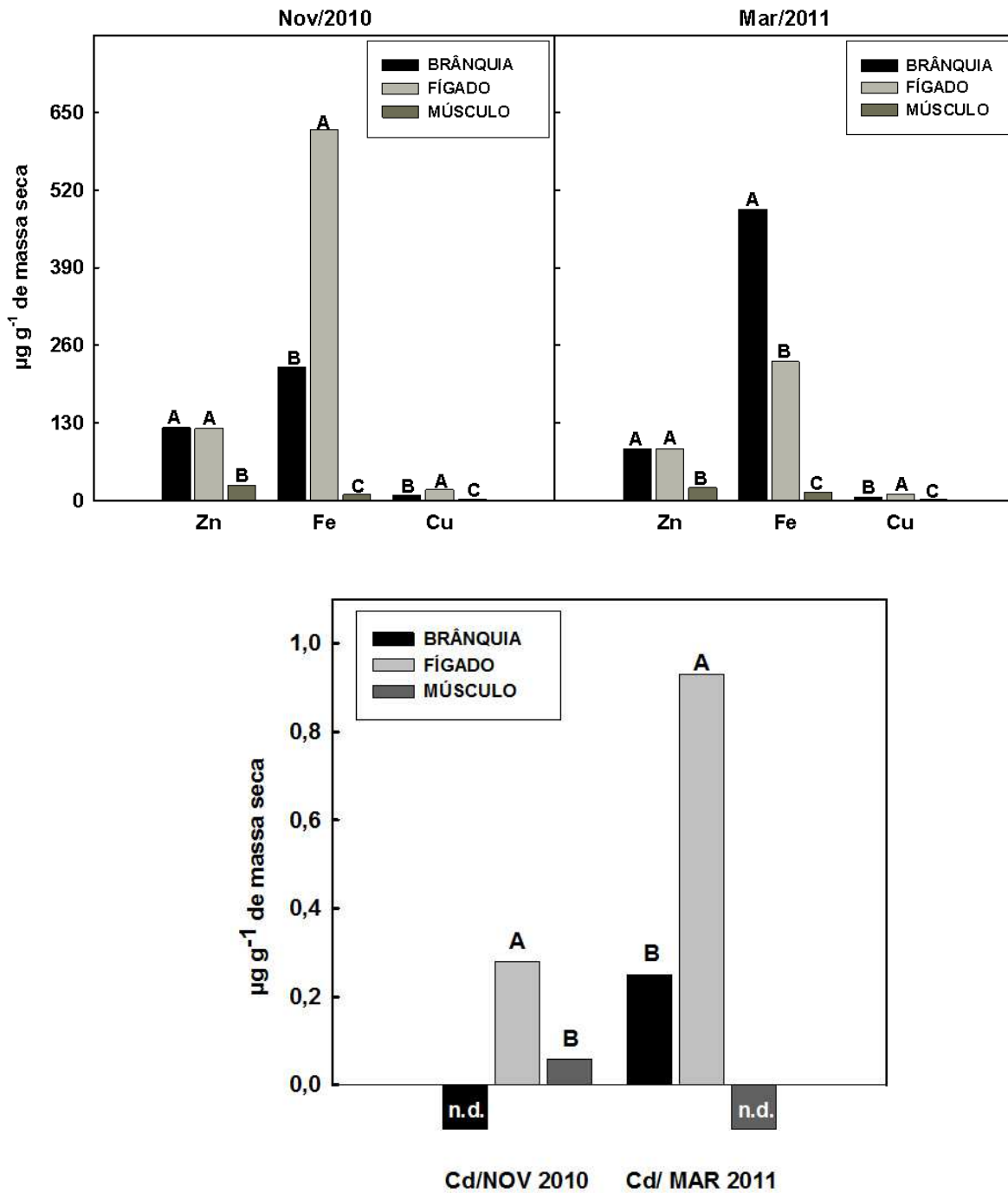


Figura 10. Comparação entre os teores médios de Zn, Fe, Cu e Cd encontrados no fígado, brânquia e músculo de *Centropomus undecimalis* capturados em março e novembro de 2011, classificados com base no teste de Skott Knott, a 95% de probabilidade.

Os níveis de ferro variaram entre 6,86 e 785,77 $\mu\text{g g}^{-1}$, em novembro, e 9,95 e 970,53 $\mu\text{g g}^{-1}$, em março, enquanto o cobre variou entre 1,48 e 20,87 $\mu\text{g g}^{-1}$ (novembro) e 1,62 e 19,35 $\mu\text{g g}^{-1}$ (março).

Os níveis de cádmio nas brânquias, em novembro, e no tecido muscular, em março, apresentaram-se abaixo do limite de quantificação. Os teores encontrados variaram entre 0,02 e 0,46 $\mu\text{g g}^{-1}$, em novembro, e 0,18 e 1,15 $\mu\text{g g}^{-1}$, em março, tendo sido observado os maiores níveis no tecido hepático.

De um modo geral, não foram encontradas diferenças significativas nos níveis de metais em função dos períodos, exceto para o cádmio (fígado) e ferro (músculo), os quais foram mais abundantes no mês de março, enquanto as concentrações do zinco no fígado, e do cobre nas brânquias, foram maiores no mês de novembro.

Em ictioespécies, os contaminantes, uma vez incorporados, são transportados pelo sangue a locais de armazenamento como os ossos ou fígado. No fígado, podem ficar armazenados, ser excretados na bile ou mesmo retornarem ao sangue para possível excreção pelos rins ou brânquias, podendo ainda ser estocados em tecidos extra-hepáticos, como o tecido adiposo (MCNICOL & SCHERER, 1991). No presente estudo, os níveis observados no fígado, de um modo geral, foram superiores aos encontrados nos outros tecidos, possivelmente em virtude das funções desempenhadas por este órgão, que incluem desintoxicação, transporte, transformação e armazenamento de substâncias tóxicas (EVANS *et al.*, 1993). Além disso, estão presentes neste órgão as metalotiloneínas, proteínas de baixo peso molecular que se ligam a metais traço regulando-os e reduzindo seu efeito tóxico nos organismos (UC ARMY, 1989; EVANS *et al.*, 1993; MUTO *et al.*, 1999; VIARENGO *et al.*, 2000). Os níveis dessas proteínas aumentam com a exposição a metais traço, sendo essa indução mais acentuada em órgãos como o fígado, rins, brânquias e intestino (FILIPOVI & RASPOR, 2003; ROESIJADI & ROBINSON, 1994). Os resultados encontrados no presente estudo sugerem que o fígado constitua o principal sítio de acumulação de metais, em conformidade ao observado em *Clarias anguillares*, *Oreochromis niloticus*, *Tilápia zilli*, e *Eutropius niloticus*, para Cd, Zn, Fe e Cu (AKAN *et al.*, 2009), e *Genidens genidens*, *Mugil liza*, *Cynocion leiarchuse* e *Micropogonias furnieri*, para Fe, Zn, Cd e Cu (LIMA-JUNIOR *et al.*, 2002).

3.4. ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO

Os valores encontrados referentes ao índice hepatossomático (IHS) nos dois períodos estudados, diferiram significativamente entre si ($P < 0,05$), tendo sido encontrado o maior valor no mês de março. O valor do IHS foi comparado aos níveis de cádmio encontrados no fígado, os quais foram também significativamente superiores na segunda campanha amostral, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

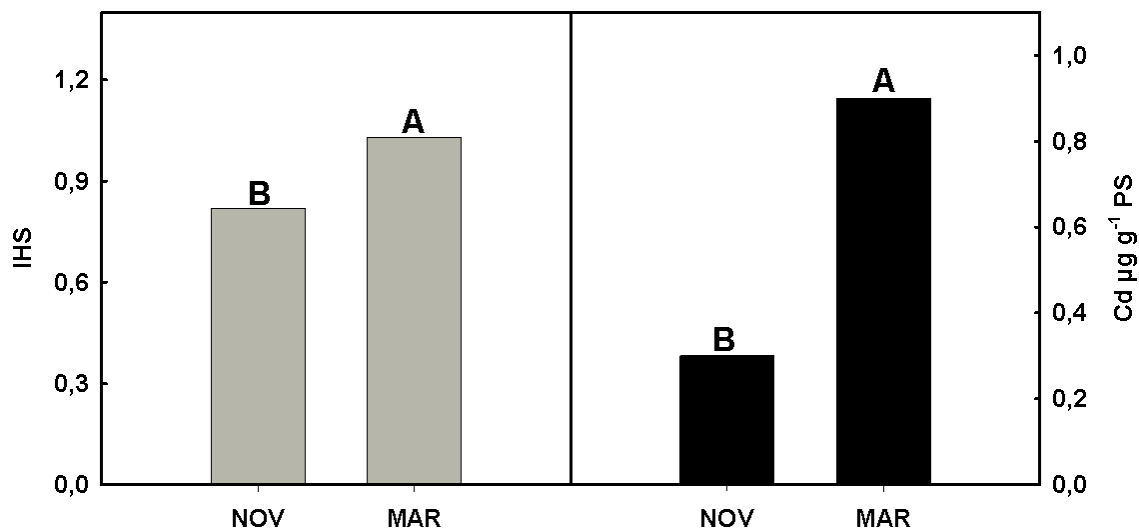


Figura 11. Valores médios do índice hepatossomático (IHS) comparado às concentrações de cádmio, em μg^{-1} no tecido hepático de *Centropomus undecimalis* nos meses de novembro (2010) e março (2011).

Alterações hepáticas resultantes da exposição a contaminantes, como necrose, neoplasia, hiperplasia, hipertrofia, são importantes bioindicadores do estado fisiológico e anatômico de peixes, sendo esses danos refletidos no índice hepatossomático (YANG, 2004). Alguns estudos têm mostrado que peixes encontrados em ambientes contaminados, submetidos a condições de estresse crônico, apresentam valores elevados do IHS, reflexo de processos de hiperplasia e hipertrofia nos hepatócitos (HONTELA, 1997; OOST *et al.*, 2003).

Deste modo, pode-se sugerir que o maior IHS observado nos exemplares capturados em março possa ter uma relação com os teores de cádmio no tecido hepático, os quais também foram maiores nesta campanha amostral. No entanto, outros parâmetros devem ser analisados, incluindo comportamento reprodutivo, os quais podem influenciar na elevação do IHS, bem como análises histológicas devem ser realizadas, as quais podem evidenciar a ocorrência de alterações celulares, para que assim possa ser confirmada ou não a relação do IHS com a contaminação ambiental.

3.5. FATOR DE BIOCONCENTRAÇÃO (FBC)

Os resultados referentes aos teores de metais na água, em mg.L^{-1} , nos tecidos de *Centropomus undecimalis* e o fator de bioconcentração (FBC), em novembro de 2010 e março de 2011, estão apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.9**.

Tabela 9. Concentração de Cd, Cu, Fe e Zn, em amostra de água (mg L^{-1}), brânquias, fígado e músculo de *Centropomus undecimalis*, ($\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco), com os respectivos valores do fator de bioconcentração (FBC) para novembro (2010) e março (2011).

	Cd	Cu	Fe	Zn
NOVEMBRO				
Água	0,005	<LQ	0,525	0,015
Brânquias	<LQ	9,350	223,900	122,000
<i>FBC</i>	n.c.	n.c.	<i>426,087</i>	<i>8206,094</i>
Fígado	0,300	18,150	620,890	120,720
<i>FBC</i>	<i>55,970</i>	n.c.	<i>1181,570</i>	<i>8119,997</i>
Músculo	0,059	1,950	9,960	26,080
<i>FBC</i>	<i>11,007</i>	<i>n.c.</i>	<i>18,954</i>	<i>1754,221</i>
MARÇO				
Água	0,005	0,003	0,241	0,018
Brânquias	0,250	5,830	563,560	99,200

FBC	51,738	2033,484	2338,404	5515,708
Fígado	0,930	11,290	268,840	99,420
FBC	192,467	3937,914	1115,509	5527,940
Músculo	<LQ	2,130	15,790	25,000
FBC	n.c.	742,937	65,518	1390,047

LQ = Limite de quantificação.

n.c.= não calculado.

Para as amostras coletadas em novembro, as concentrações de cobre apresentaram-se abaixo do limite de quantificação. Os níveis de Cd, Fe e Zn encontrados nesta campanha foram iguais a 0,005, 0,525 e 0,015, respectivamente, enquanto em março, os valores para Cd, Cu, Fe e Zn foram iguais a 0,005, 0,003, 0,241, 0,018, respectivamente.

Nas duas campanhas amostrais, os maiores e menores valores de FBC, para o Cd e Fe, foram verificados no fígado e tecido muscular, respectivamente, enquanto para o zinco, os maiores valores foram observados nas brânquias e tecido hepático. Foram verificados valores elevados do FBC para os quatro metais analisados, o que sugere intensa assimilação e acumulação destes elementos nos tecidos biológicos, principalmente no fígado.

O *Centropomus undecimalis* constitui numa espécie bentofágica de hábitos carnívoros, que ocupa altos níveis na cadeia trófica (MARSHAL, 1958; CHÀVEZ, 1963; FIGUEIREDO & MENEZES, 1980; IGNÁCIO, 2008), o que pode explicar os altos valores do FBC, considerando a possibilidade de biomagnificação destes elementos ao longo da teia alimentar (BURATINI & BRANDELLI, 2008).

3.6. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM OS LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PELA ANVISA

Os níveis de cobre, zinco e cádmio encontrados no tecido muscular, em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso úmido, estão apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.10**.

Tabela 10. Teor médio de cobre, zinco e cádmio, em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso úmido, no tecido muscular de *Centropomus undecimalis* comparado aos limites estabelecidos pela ANVISA (Decreto 55871/1965).

MÊS	COBRE	ZINCO	CÁDMIO
NOVEMBRO	0,49 ± 0,08	6,52 ± 2,71	0,01 ± 0,01
MARÇO	0,53 ± 0,08	6,25 ± 2,87	n.d.
ANVISA	30	50	1

Das amostras analisadas, nenhuma concentração excedeu o valor máximo permitido pela ANVISA, (Decreto 55871/1965), a qual determina níveis limites de cádmio, cobre e zinco em alimentos, iguais a 1, 30 e 50 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente. No entanto, a ingestão do *C. undecimalis* na dieta humana deve ser avaliada, uma vez que outros fatores podem influenciar na toxicidade destes elementos, incluindo hábitos alimentares, estado de saúde e níveis de metais já presentes no organismo (VIRGA, 2006).

3.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fígado constituiu o principal local de armazenamento dos metais analisados, enquanto no tecido muscular foram encontradas as menores concentrações. O padrão de acumulação observado seguiu a ordem Fe>Zn>Cu>Cd, no fígado e brânquia, e Zn>Fe>Cu>Cd, no tecido muscular, nos dois meses analisados. Valores elevados de FBC foram encontrados para os quatro elementos analisados, indicando elevada taxa de bioacumulação, no entanto, os níveis de Cd, Cu e Zn encontrados apresentaram-se abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação (ANVISA).

Um maior valor do índice hepatossomático foi observado no mês de março, semelhante às concentrações de cádmio no tecido hepático.

Capítulo IV

**Avaliação dos teores de metais
traço em *Callinectes exasperatus*
(Crustacea: Decápoda) capturados
na Baía de Todos os Santos, Bahia,
Brasil**

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO – *CALLINECTES EXASPERATUS*

4.1. BIOMETRIA

Foram analisados 21 exemplares de siris, todos pertencentes ao sexo masculino, os quais apresentaram largura de carapaça (LC) variando entre 8,7 e 10,9 cm, e peso total (Pt) entre 77,22 e 155,87 g, com valores médios iguais a $96,5 \pm 7,1$ e $105,3 \pm 23,6$, respectivamente.

No tecido muscular os indivíduos foram analisados separadamente, no entanto, em virtude da pequena quantidade de amostra, para brânquias e hepatopâncreas, foram constituídas amostras compostas. Para isso, os indivíduos foram distribuídos em classes com intervalos de 5 cm, conforme Tabela 11.

Tabela 11. Classes e respectivos intervalos de tamanho de *Callinectes exasperatus* (Gerstaecker, 1856) capturados na Baía de Todos os Santos e número de indivíduos (N^o) por classe.

CLASSE	INTERVALOS	N ^o
1 ^o	8,5 – 9,00	5
2 ^o	9,01 – 9,50	6
3 ^o	9,51 – 10,00	3
4 ^o	10,01 – 10,50	4
5 ^o	10,51 – 11,00	3

4.2. TEOR DE METAIS

As análises das concentrações foram realizadas em triplicatas, sendo os valores apresentados expressos em ($\mu\text{g g}^{-1}$) de peso seco e representados por média. Os níveis de cádmio encontrados no tecido muscular apresentaram-se abaixo do limite de quantificação e por isso não foi considerado no presente estudo.

4.3. CONCENTRAÇÃO DE METAIS *VERSUS* LARGURA DA CARAPAÇA

Na ~~Erro! Fonte de referência não encontrada.~~2 estão apresentadas as relação entre a largura da carapaça (LC) e as concentrações de zinco e cobre no músculo. Neste tecido, os teores de metais foram analisados nos indivíduos e não nas classes, uma vez que não foi necessário constituir amostras compostas, tendo sido observada correlação linear moderada para o zinco e fraca para o cobre.

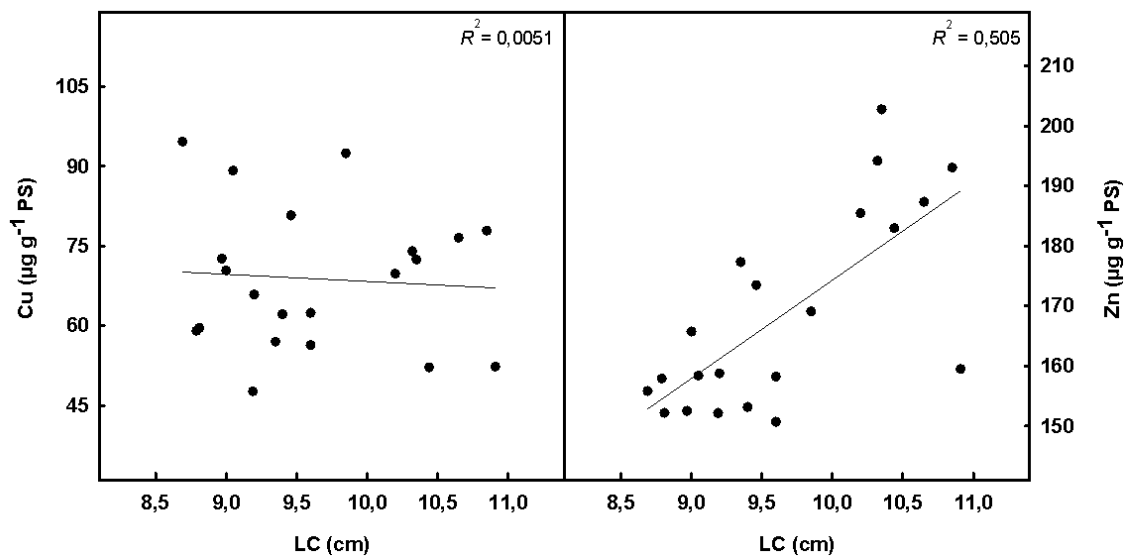


Figura 12. Relação entre a largura da Carapaça (LC) e a concentração de zinco e cobre em *Callinectes exasperatus*.

Na Figura 13, estão apresentadas as concentrações de cobre, cádmio e zinco em função da classe de largura da carapaça, tendo sido considerado o teor de metais no conjunto (brânquias + hepatopâncreas). Para o zinco e cobre foi observado um incremento nas suas concentrações à medida que aumentou a largura da carapaça até o intervalo entre 10,0 e 10,5 cm (4^o classe), tendo sido observada uma pequena diminuição nos teores a partir deste intervalo.

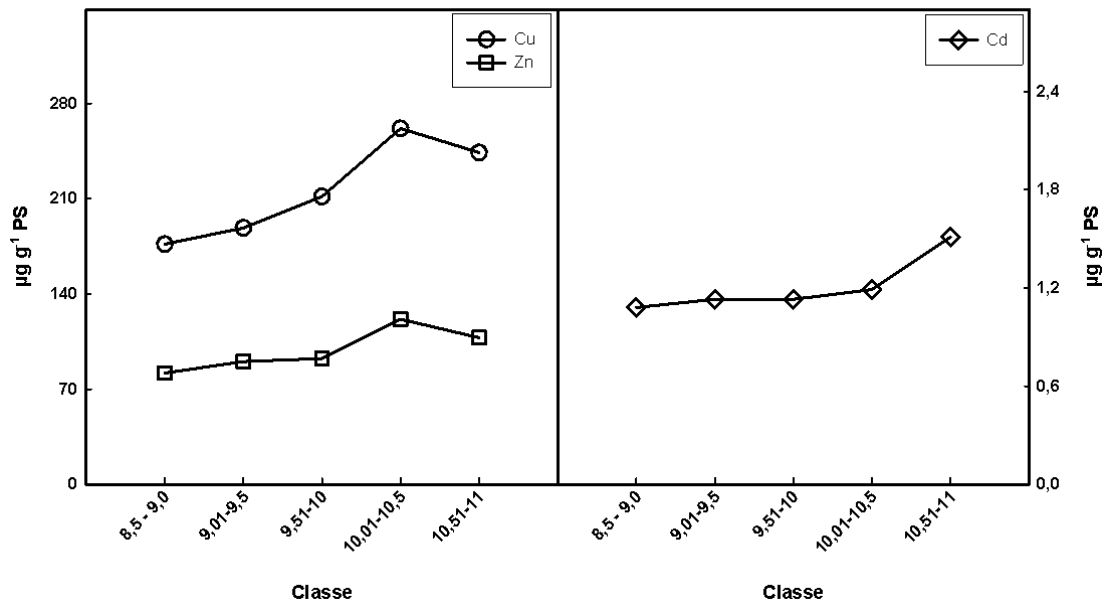


Figura 13. Concentração média dos teores de cobre, zinco e cádmio ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) em função das classes de largura da carapaça.

Para o cádmio, foi observado um incremento nas concentrações com o aumento da largura da carapaça, sendo este mais acentuado no intervalo entre 10,51 e 11,00 cm. Foi observada uma maior concentração de elementos traço essenciais, (zinco e cobre), os quais são normalmente regulados nos organismos até certos limites, ocorrendo bioacumulação apenas quando os níveis disponíveis no ambiente excedem os limites para regulação (WHITE & RAINBOW, 1982; RAINBOW, 1985; MACFARLANE *et al.*, 2000).

O padrão de acumulação verificado para o cádmio sugere que este elemento seja assimilado em proporção à sua disponibilidade no meio. Deste modo, pode-se inferir que indivíduos maiores concentram em seus tecidos níveis mais elevados deste contaminante em virtude do maior tempo de exposição.

4.4. CONCENTRAÇÃO DE METAIS NOS MÚSCULO, BRÂNQUIA E HEPATOPÂNCREAS

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.12**, observa-se as concentrações médias de cobre, zinco e cádmio, em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso seco, no músculo, brânquia e hepatopâncreas de *Callinectes exasperatus*.

Tabela 12. Concentração média e desvio padrão de elementos traço (em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco) encontrados em diferentes tecidos de *Callinectes exasperatus*, utilizando o teste Scott-Knott ($p < 0,01$).

Elemento	Brânquia	Hepatopâncreas	Músculo
<i>Cu</i>	$275,7 \pm 27,6^A$	$158,5 \pm 52,5^B$	$69,0 \pm 13,4^C$
<i>Zn</i>	$107,0 \pm 13,8^B$	$91,4 \pm 18,1^B$	$167,6 \pm 16,1^A$
<i>Cd</i>	$0,8 \pm 0,1^B$	$1,6 \pm 0,2^A$	<LQ

Letras diferentes representam diferença significativa entre os tecidos, a 99% de probabilidade, pelo teste Scott-Knott. LQ: limite de quantificação.

As maiores concentrações de cobre foram encontradas nas amostras de tecido branquial, semelhante ao observado em *Trichodactylus fluviatilis* (CHAGAS, 2008), *Panulirus gracilis* (MORALES-HERNÁNDEZ *et al.*, 2004) e *Pseudocarcinus gigas* (TUROCZY *et al.*, 2001).

Níveis mais elevados nas brânquias deve-se, possivelmente, ao fato deste órgão constituir o principal local para as trocas iônicas e respiratórias, sendo, muitas vezes, o primeiro alvo de poluentes em virtude da sua alta permeabilidade, a qual possibilita uma adsorção passiva de metais traço dissolvidos (BOITEL E TRUCHOT, 1989; RAINBOW, 1988).

Nos crustáceos, o cobre participa da estrutura da hemocianina e atua como co-fator para muitas enzimas, a exemplo da malato desidrogenase (RAVINDRANATH, 1981; RAINBOW, 1997) constituindo assim num elemento essencial, sendo importante no metabolismo energético destes organismos, podendo, no entanto, quando em excesso, causar danos branquiais e interferir nos processos fisiológicos (HODSON *et al.*, 1979; HANSEN *et al.*, 1992). Os teores de metais, comparados aos níveis observados em crustáceos capturados em outros locais do mundo, estão apresentados na Tabela 1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 13. Teor médio dos níveis de metais em músculo (m), brânquias (b) e hepatopâncreas (h) e padrão de acumulação (P.A.) nos tecidos em diferentes crustáceos (em $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso seco) em vários locais do mundo.

Espécie	Tecido	Zn	Cu	Cd	P.A.
<i>Litopennaeus vannamei</i> ^a	m	56	16,2	0,44	Zn>Cu>Cd
	h	102,5	158,6	4,06	Cu>Zn>Cd
<i>Penaeus semisulcatus</i> ^b	m	27,75	34,24	16,72	Cu>Zn>Cd
	h	690,2	795,0	80,89	Cu>Zn>Cd
	b	576,1	665,3	70,93	Cu>Zn>Cd
<i>Charybdis longicollis</i> ^b	m	32,53	77,55	25,44	Cu>Zn>Cd
	h	804,8	935,1	111,2	Cu>Zn>Cd
	b	698,1	827,0	75,50	Cu>Zn>Cd
<i>Panulirus gracilis</i> ^c	m	79	27	0,4	Zn>Cu>Cd
	h	533	166	15,2	Zn>Cu>Cd
	b	81	408	13,8	Cu>Zn>Cd
<i>Ucides cordatus</i> ^d	m	310*	24*	0,105*	Zn> Cu>Cd
	h	165*	17*	0,1*	Zn> Cu>Cd
<i>Penaeus brasiliensis</i> ^e	Partes moles	n. a.	n. a.	0,08	-
<i>Callinectes exasperatus</i> ^f	m	168,6±16,42	68,91±13,91	<LD	Zn>Cu
	h	90,34±19,34	157,21±54,01	1,58±0,20	Cu>Zn>Cd
	b	107	275,69±27,60	0,83±0,13	Cu>Zn>Cd

Referência: a. FRÍAS-ESPERICUETA et al., 2009; b. FIRAT et al., 2008; d. MORALES-HERNÁNDEZ et al., 2004; e. JESUS et al., 2003; f. SANTOS, 2011; g. presente estudo. * Valores em peso úmido convertidos a peso seco (fator de conversão 5,0); n.a.: não analisado; LD: limite de detecção.

Os níveis de zinco encontrados no tecido muscular foram superiores às concentrações verificadas nos demais tecidos, em conformidade com os resultados encontrados em *Trichodactylus fluviatilis* (CHAGAS, 2008), *Portunus pelagicus* (AL-MOHANNA & SUBRAHMANYAM, 2001) e *Callinectes sapidua* (JOP et al., 1997). Níveis mais elevados no músculo podem estar relacionados à atuação deste elemento no processo de contração muscular ou à presença de proteínas metaloligantes neste tecido (BRYAN, 1967; EISLER, 1981). Tem sido observado que o zinco pode causar retardo no crescimento (WU & CHEN, 2005), bem como diminuição no consumo de oxigênio, quando em altas concentrações, como verificado por Barbieri (2009) em *Farfantepenaeus paulensis*.

Os teores de cádmio foram maiores no hepatopâncreas, o qual constitui um órgão multifuncional para os crustáceos, atuando no processo digestório, na reabsorção de alimento e na desintoxicação de metais (GIBSON & BAKER, 1979; MANTEL & BLISS, 1983; VOGT, 1994). Resultado semelhante foi encontrado em *Callinectes sapidus* (JOP *et al.*, 1997) *Charybdis longicollis*, *Penaeus semisulcatus* (FIRAT *et al.*, 2008) e *Litopenaeus vannamei* (FRÍAS-ESPERICUETA, 2009).

Os teores de cádmio encontrados estão abaixo dos níveis observados em crustáceos capturados em outros locais do mundo (Erro! Fonte de referência não encontrada.3), sendo superior apenas às concentrações verificadas em *Ucides cordatus*, no estuário de Vitória no Espírito Santo (JESUS *et al.*, 2003) e *Penaeus brasiliensis*, o qual foi coletado na mesma área de estudo do presente trabalho.

O teor de cobre no hepatopâncreas foi semelhante ao verificado em *Litopenaeus vannamei* (FRÍAS-ESPERICUETA *et al.*, 2009), e *Panulirus gracilis* (MORALES-HERNÁNDEZ *et al.*, 2004); no músculo, as concentrações foram superiores às encontradas nos demais crustáceos, sendo inferior aos teores observados em *Charybdis longicollis* (FIRAT *et al.*, 2008). Os níveis de zinco no tecido muscular foi superior a todos os níveis encontrados, exceto ao verificado em *U. Cordatus*, sendo as concentrações no hepatopâncreas inferiores às verificadas nos demais trabalhos. Nas brânquias, os teores de Cd e Cu foram menores ao observado nos demais crustáceos, sendo os níveis de zinco superiores ao encontrado em *Panulirus gracilis* (MORALES-HERNÁNDEZ *et al.*, 2004).

Os níveis médios de cobre, zinco e cádmio, em μg^{-1} de peso úmido, comparado às concentrações limites máximas permitidas em alimento pelo ANVISA (Decreto 55871/1965), estão apresentados na Erro! Fonte de referência não encontrada.4.

Tabela 14. Níveis médios de cobre, zinco e cádmio, em μg^{-1} de peso úmido, comparado às concentrações limites máximas permitidas em alimento pelo Decreto 55871/1965).

	Brânquia	Hepatopâncreas	Músculo	LMP (ANVISA)
Cobre	78,77 ± 7,89	44,92 ± 15,43	19,66 ± 3,80	30
Zinco	30,58 ± 3,53	25,84 ± 5,53	48,17 ± 4,69	50
Cádmio	0,24 ± 0,04	0,45 ± 0,05	<LQ	1

LMP=Limite máximo permitido (Decreto 55871/1965); LQ= limite de quantificação.

De acordo com a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**⁴, observa-se que as concentrações encontradas estão abaixo do limite permitido pela legislação, exceto para os níveis de cobre no hepatopâncreas e brânquia, os quais apresentaram níveis acima do valor limite estabelecido. Embora o cobre constitua um elemento traço essencial para os organismos, seu excesso pode interferir nas atividades catalíticas de algumas enzimas, causar alterações oxidativas em moléculas de DNA, podendo levar à ocorrência de doenças como epilepsia, melanoma, artrite reumatóide, bem como a perda do paladar (SARGENTELLI, *et al.*, 1996; PEDROZO & LIMA, 2001).

4.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os elementos essenciais constituíram os principais metais assimilados, tendo sido observado como sítios preferenciais para acumulação de zinco, cobre e cádmio, o tecido muscular, brânquias e hepatopâncreas, respectivamente.

Não foi observada correlação significativa entre os níveis de metais e a largura da carapaça, tendo sido verificada uma moderada correlação para o elemento zinco.

A espécie *Callinectes exasperatus* apresentou níveis elevados de cobre em seus tecidos, principalmente no hepatopâncreas e brânquia, devendo seu consumo ser avaliado, bem como a área em questão ser monitorada.

Capítulo V

Conclusões

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho revelam que a Baía de Todos os Santos apresenta níveis elevados de elementos traço, principalmente zinco e cobre, os quais se encontram biodisponíveis à biota, sendo assimilados e armazenados em tecidos específicos.

Nos crustáceos, foram encontradas as maiores concentrações de Zn, Cu e Cd no tecido muscular, brânquias e hepatopâncreas, respectivamente, enquanto em *C. undecimalis*, o fígado constituiu o principal local de armazenamento.

De uma forma geral, nos crustáceos foram verificados os maiores teores de metais, quando comparado aos níveis em *C. undecimalis*, em virtude, provavelmente, de estarem em maior contato com o sedimento, compartimento que concentra elevados níveis destes contaminantes. No entanto, na ictioespécie foram encontrados valores elevados do fator de bioconcentração (FBC), os quais foram significativamente superiores aos fatores de bioacumulação encontrados em *Ucides cordatus*.

Os níveis de metais encontrados na água foram inferiores aos teores verificados no sedimento, o que pode justificar as menores concentrações em *C. undecimalis*, mesmo tendo apresentado valores elevados do FBC.

Nos crustáceos foram encontrados níveis de zinco e cobre acima do limite estabelecido pela Legislação Brasileira, e em virtude disso, o consumo destes organismos pelo homem deve ser avaliado, uma vez que o excesso de cobre e zinco pode causar danos à saúde.

Considerando o caráter preliminar do presente trabalho, maiores investigações devem ser realizadas visando monitorar os níveis destes contaminantes, no espaço e no tempo, a fim de permitir uma melhor compreensão a respeito do grau de contaminação, bem como da evolução deste processo. Do mesmo modo, é de suma importância que sejam realizados estudos ecotoxicológicos, visando identificar os efeitos destes contaminantes na biota.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHEARN, G. A.; MANDAL, P. K.; MANDAL, A. **Mechanisms of heavy-metal sequestration and detoxification in crustaceans: a review.** Journal of Comparative Physiology B, Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology, v. 174, p. 439–452, 2004.
- AKAN, J. C.; ABDULRAHMAN, F. I.; SODIPO, O. A.; AKANDU, P.I. **Bioaccumulation of some heavy metals of six fresh water fishes caught from Lake Chad in Doron Buhari, Maiduguri, Borno State, Nigeria.** Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation, v. 4, p. 103-114, 2009.
- ALAM, M. G. M.; TANAKA, A.; ALLISON, G.; LAURESON L. J. B.; STAGNITTI, F.; SNOW, E. T. **A Comparison of trace element concentration in cultured and wild caro (*Cyprinus carpio*) of lake Kasumigaura Japan.** Ecotoxicological Environmental. Safety, v. 53, p. 348-354, 2002.
- ALIKHAN, M. A.; ZIA, S. **Nickel uptake and regulation in a copper-tolerant Decapod, *Cambarus bartoni* (Fabricius) (Decapoda, Crustacea).** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 42, p. 94–102, 1989.
- ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils.** New York: Black Academic, 1993. 339 p.
- ALMEIDA, R. F. B.; SILVA, A. L. N.; PEREIRA, J. A. **Análise comparativa do crescimento do camorim, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792), alimentado com dietas viva e inerte em viveiro estuarino.** Trabalhos do Instituto Oceanográfico da Universidade Federal do Pernambuco, v. 27, p. 115-127, 1999.
- AL-MOHANNA, S. Y.; SUBRAHMANYAM, M. N. V. **Flux of heavy metal accumulation in various organs of the intertidal marine blue crab, *Portunus pelagicus* (L.) from the Kuwait coast after the Gulf War.** Environment International, v. 27, p. 321–326, 2001.
- AMADO, E. M.; FREIRE, C.A.; SOUZA, M. M. **Osmoregulation and tissue water regulation in the freshwater red crab *Dilocarcinus pagei* (Crustacea, Decapoda), and the effect of waterborne inorganic lead.** Aquatic Toxicology, v.79, p. 1-8, 2006.

- AMADO-FILHO, G. M.; SALGADO, L. T.; REBELO, M. F.; REZENDE, C. E.; KAREZ, C. S.; PFFEIFER, W. C. **Heavy metals in benthic organisms from Todos os Santos Bay, Brazil.** Brazilian Journal of Biology, v. 68, p. 95-100, 2008.
- AMYOT, M.; PINNEL-ALLOUL, B.; CAMPBELLS, P.; DESY, J. **Total metals burdens in the freshwater amphipod *Gammarus fasciatus*: contribution of various body parts and influence of gut contents.** Freshwater Biology, v. 35, n. 2, p. 363-373, 1996.
- ANNI, I. S. A.; PINHEIRO, P. C. **Hábito alimentar das espécies de robalo *Centropomus parallelus* Poey, 1986 e *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) no litoral norte de Santa Catarina e sul do Paraná, Brasil.** In: Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia, 2009, São Lourenço, Minas Gerais.
- BAGATTO, G.; ALIKHAN, M. A. **Metals in crayfish from neutralized acidic and non-acidic lakes.** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 39, p. 401-405, 1987.
- BARBIERI, E. **Effects of zinc and cadmium on oxygen consumption, ammonium excretion, and osmoregulation of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*).** Ecotoxicology, v. 18, p. 312-318, 2009.
- BARRENTO, S.; MARQUES, A.; TEIXEIRA, B.; ANACLETO, P.; CARVALHO, M. L.; VAZ-PIRES, P.; NUNES, M. L. **Macro and trace elements in two populations of brown crab *Cancer pagurus*: Ecological and human health implications.** Journal of Food Composition and Analysis, v 22, p. 65-71, 2009.
- BARROS, F. C. R.; CRUZ, I. C. S.; KIKUCHI, R. K. P.; LEAO, LEÃO, Z. M. A. N. **Ambiente Bentônico.** In: Vanessa Hatje; Jailson Bittencourt de Andrade. (Org.). Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos. Salvador: EDUFBA, 2009, v. I, p. 207-242.
- BLANKENSTEYN, A.; CUNHA FILHO, D.; FREIRE, A. S. **Distribuição, estoques pesqueiros e conteúdo protéico do caranguejo do mangue *Ucides cordatus* (L. 1763) (Brachyura: Ocypodidae) nos manguezais da Baía das Laranjeiras e adjacências, Paraná, Brasil.** Arquivos de Biologia e Tecnologia, v. 40, p. 331-349, 1997.

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

BRANCO, J. O. **Aspectos bioecológicos do caranguejo *Ucides cordatus* (Linnaeus 1763) (Crustacea, Decápoda) do manguezal do Itacorubi, Santa Catarina, BR.** *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v.36, p. 133-148, 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965. Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=78&word=>. Acesso em: 23 jan. 2007.

BRITO, R. R. C. **Ambientes Aquáticos.** In: FALCON, G. (Ed.). *Baía de Todos os Santos: diagnóstico sócio-ambiental e subsídios para a gestão.* Salvador: Gérmem/UFBA-NIMA, 1997. p.71-78.

BRYAN, G. W. **Zinc concentrations of fast and slow contracting muscles in the lobster.** *Nature*, v. 213, p. 1043-1044, 1967.

BURATINI, S. V.; BRANDELLI, A., 2006. **Bioacumulação.** In: ZAGATTO, P. A. & BERTOLETTI, E. (2 ed.). *Ecotoxicologia aquática, princípios e aplicações.* São Carlos: Rima. 2008.

CARVALHO-FILHO, A. **Peixes: costa brasileira.** São Paulo: Editora Melro Ltda, 1999. 320p.

CARVALHO, R. M. W. N. **Determinação de íons metálicos em moluscos bivalves do manguezal da região petrolífera de São Francisco do Conde – Recôncavo Baiano.** 181 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006.

CARVALHO, F. L. **Distribuição das espécies de *Callinectes* (Brachyura, Portunidae) no estuário do rio Cachoeira, Ilhéus-Bahia-Brasil.** 32 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Aquáticos Tropicais) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2009.

CASAL, F. S. C.; SOUTO, F. J. B. **“Adonde é o aposento do pescado?”: ecozoneamento do manguezal na pesca artesanal de crustáceos da Reserva**

Extrativista Marinha da Baía do Iguape, Maragogipe – Bahia. Sitientibus série Ciências Biológicas, v. 11, p. 143-151, 2011.

CASTILHO, G. G. **Aspectos reprodutivos do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (L.) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), na baía de Antonina, Paraná, Brasil.** 119 f. Dissertação (Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CELINO, J. J.; QUEIROZ, A. F. S.; SANTOS, J.B. **Heavy metals and petroleum hydrocarbons in sediments of the mangrove from São Francisco do Conde Region Todos os Santos Bay - Bahia.** In: 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2005, Salvador, Bahia, p. 220-230.

CERVIGÓN, F.; CIPRIANI, R.; FISCHER, W.; GARIBALDI, L.; HENDRICKX, M.; LEMUS, A. J.; MÁRQUES, R.; POUTIERS, J. M.; ROBAINA, G.; RODRIGUEZ, B. 1992. **Guia de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur America.** Roma: Organizacion de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentacion.

CHAGAS, G. C. D. **Avaliação do potencial bioindicador de *Trichodactylus fluviatilis* (Latreille, 1828) (Crustacea: Decapoda:Trichodactylidae) na Bacia do Rio Corumbataí.** 69 f. Dissertação. (Mestrado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2008.

CHÀVEZ, H. R. **Contribucion al conocimiento de la biologia de los robalos, chucumite y Constantino (*Centropomus spp.*) del Estado de Veracruz, Mexico.** Ciencia, v.22, p. 141-161, 1963.

CIRANO, M.; LESSA, G. C. **Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brasil.** Revista Brasileira de Geofísica, v. 25, p. 363-387, 2007.

CODEBA, 2012. Disponível em: <<http://www.codeba.com.br/>> Acesso em 28 de fevereiro de 2012.

COELHO, P. A.; RAMOS, M. A. **A constituição e a distribuição da fauna de decápodes do litoral leste da América do Sul, entre as latitudes 5°N e 39°S.** Trabalhos do Instituto Oceanográfico da Universidade Federal do Pernambuco, v. 13, p.133-236, 1972.

- COSTA, T.M.; NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. **Morphological adaptation of the second maxiliped in semiterrestrial crabs of the genus *Uca* Leach, 1814 (Decapoda, Ocypodidae) from a subtropical Brazilian mangrove.** Nauplius, v. 9, n. 2., p. 123- 131, 2001.
- DALLINGER, R.; RAINBOW, P.S. **Ecotoxicology of metals in invertebrates.** Chelsea, Lewis publishers: 1993. 461 pp.
- DITTMAR, T.; LARA, R. J. **Molecular evidence for lignin degradation in sulfate-reducing mangrove sediments (Amazônia, Brazil).** Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 65, n. 9, p.1417–1428, 2001.
- DOBARADARAN, S.; NADDAFI, K.; NAZMARA, S.; GHAEDI, H. **Heavy metals (Cd, Cu, Ni and Pb) content in two fish species of Persian Gulf in Bushehr Port, Iran.** African Journal of Biotechnology, v. 9, p. 6191-6193, 2010.
- EISLER, R. **Trace metal concentrations in marine organisms.** New York: Pergamon Press, 1981, 687 p.
- EISLER, R. **Compendium of trace metals and marine biota. Volume 1: Plants and Invertebrates.** Amsterdam: Oxford: Elsevier, 2011, 638 p.
- ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- EVANS, D. W.; DOO, D. K. D.; HANSON, P. **Trace element concentration in fish livers: implication of variations with fish size in pollution monitoring.** Marine Pollution Bulletin, v. 26, p. 329-354, 1993.
- FALUSI, B. A.; OLANIPEKUN, E. O. **Bioconcentration factors of heavy metals in tropical crab (*Carcinus sp*) from River Aponwe, Ado-Ekiti, Nigeria.** Journal of Applied Sciences & Environmental Management, v.11, p. 51 – 54, 2007.
- FAUSTO-FILHO, J. ***Callinectes affinis* a new species of crab from Brazil (Decapoda, Portunidae).** *Crustaceana* v. 39, p. 33-38, 1980.
- FERRAZ, E. M.; CERQUEIRA, V. R. **Influencia da temperatura na maturação gonadal de machos do robalo-flecha *Centropomus undecimalis*.** Boletim do Instituto de Pesca, v. 36, p. 73-83, 2010.
- FERREIRA JUNIOR, M.G.F.; PLASTINA, B.; LEAL, F.C.; MUROS, F.; FREITAS, P.R.; VALENTIM, F. **Indicações para administração sustentável da pesca na**

lagoa Rodrigo de Freitas, RJ. Revista Brasileira de Medicina Veterinária, v. 25, n. 4, p. 163-166, 2003.

FERREIRA, M. S. **Contaminação mercurial em pescado capturado na lagoa Rodrigo de Freitas – Rio de Janeiro.** 102 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3.** Lavras-MG: UFLA, 2010.

FIGUEIREDO, J.L.; MENEZES N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2).** Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo. Brasil, 1980, 90 p.

FILIPOVIC, V.; RASPOR, B. **Metallothionein and metal levels in cystol of liver, kidney and brain in relation to growth parameters of *Mullus surmuletus* and *Liza aurata* from the Eastern Adriatic Sea.** Water Research, v. 37, p. 3253-3262, 2003.

FIRAT, Ö.; GÖK, G.; ÇOĞUN, H.Y.; YÜZEREROĞLU, T.A. & KARGIN, F. **Concentrations of Cr, Cd, Cu, Zn and Fe in crab *Charybdis longicollis* and shrimp *Penaeus semisulcatus* from the Iskenderun Bay, Turkey.** Environmental Monitoring Assessment, v. 147, p. 117–123, 2008.

FRÍAS-ESPERICUETA, M. G.; OSUNA-LÓPEZ, I.; VOLTOLINA, D.; BELTRÁN-VELARDE, M. A.; IZAGUIRRE-FIERRO, G.; LÓPEZ-LÓPEZ, G.; MUY-RANGEL, M.D.; RUBIO-CARRASCO, W. **The contents of Cd, Cu, Pb and Zn of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) of six coastal lagoons of Sinaloa, NW Mexico.** Revista de Biología Marina y Oceanografía, v. 44, p.197-201, 2009.

FUJIMOTO, R. Y.; SANTANA, C. A.; CARVALHO, W. L. C.; DINIZ, D. G.; BARROS, Z. M. N.; VARELLA, J. E. A.; GUIMARÃES, M. D. F. **Hematologia e parasitas metazoários de camurim (*Centropomus undecimalis*, Bloch, 1792) na região Bragantina, Bragança-Pará.** Boletim do Instituto de Pesca, v. 35, p. 441 - 450, 2009.

GIBSON, R.; BARKER, P. L. **The decapod hepatopancreas.** Oceanographic Marine Biology Annual Review, v.17, p. 285-346, 1979.

- GOYER R. A. **Toxic effects of metals — lead.** In: AMDUR, M. O.; DULL, J.; KLAASSEN, C.D. eds. Casareh and Doull's toxicology — the basic science of poisons. 4^a ed. New York: Pergamon Press; 1991. p. 639–646.
- GUMGUM, B.; UNLU, E.; TEZ, Z.; GULSUN, Z. **Heavy metal pollution in water, sediment and fish from the Tigris river in Turkey.** Chemosphere, v. 29, p. 111–116, 1994.
- HADLICH, G. M.; UCHA, J. M.; OLIVEIRA, T. L. **Distribuição de apicuns e de manguezais na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil.** In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2009, Natal, Brasil, p. 4607-4614.
- HANSEN, J. I.; MUSTAFA, T.; DEPLEDGE, M. **Mechanisms of copper toxicity in the shore crab, *Carcinus maenas*. II. Effects on key metabolic enzymes, metabolites and energy charge potential.** Marine Biology, v. 114, p. 259-264, 1992.
- HARRIS, R. R.; SANTOS, M. C. F. **Heavy metal contamination and physiological variability in the Brazilian mangrove crabs *Ucides cordatus* and *Callinectes danae* (Crustacea: Decapoda).** Marine Biology, v. 137, p. 691-703, 2000.
- HATJE, V (Org.); ANDRADE, J. B. (Org.). **Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos.** Salvador: EDUFBA, 2009. v. 1. 306 p.
- HEATH, A. G. **Water pollution and fish physiology.** 2.ed. CRC Press, Lewis publishers: 1995. 342p.
- HODSON, P. V.; BORGMANN, U.; SHEAR, H. **Toxicity of copper to aquatic biota.** p. 307-372. In: J. O. Nriagu, editor. Copper in the environment. Part 2: health effects. John Wiley, New York, 1979.
- HONTELA, A.; DANIEL, C. RASMUSSEN, J. B. **Structural and functional impairment of the hypothalamo – pituitary – interrenal axis in fish exposed to bleached Kraft Mill effluent in the St Maurice River, Québec.** Ecotoxicology. v. 6, p. 1-12, 1997.
- IGNÁCIO, J. M. **Mudança sazonal e entre o dia e a noite nas características da ictiofauna do infralitoral raso do Maciel, Baía de Paranaguá, Paraná.** 97 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos) - Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2008.

- JEN, M.; YAN, A. C. **Syndromes associated with nutritional deficiency and excess.** American Journal of Clinical Dermatology, v. p. 669-685, 2010.
- JESUS, H.C.; FERNANDES, L. F. L.; ANJOS JR, E. E. A.; ZANDONADE, E.; GONÇALVES, R. F.; MARQUES, F. C.; REIS, L. A.; TORRES, C. R.; TEIXEIRA, R. D.; SANTOS SAD, C. M. **Avaliação da contaminação por metais pesados em caranguejos e sedimentos de áreas de manguezal do sistema estuarino de Vitória - ES.** Relatório Técnico - Projeto Facitec/PMV-ES, contrato no 4985717/2001, 40 p, 2003.
- JOP, K. M.; BIEVER, R. C.; HOBERG, J. R.; SHEPHERD, S. P. **Analysis of Metals in Blue Crabs, *Callinectes sapidus*, from Two Connecticut Estuaries.** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 58, p. 311-317, 1997.
- KALAY, M.; CANLI, M. **Elimination of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) metals from tissues of a freshwater fish *Tilapia zilli*.** Journal of Zoology, v. 24, p. 429-436, 2000.
- KAMARUZZAMAN, B. Y.; AKBAR JOHN. B.; MARYAM, B. Z.; JALAL, K. C. A.; SHAHBUDDIN, S. **Bioaccumulation of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu and Zn) in *Scylla serrata* (Forsskal 1775) Collected from Sungai Penor, Pahang, Malaysia.** Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science, v. 35, p. 183 – 190, 2012.
- KARUZINA, I.; ARCHAKOV, A. I. **The oxidative inactivation of cytochrome P-450 in monooxygenase reactions.** Free Radical Biology and Medicine, v. 16, p.73-97, 1994.
- KEHRIG, H. A.; MALM, O.; PALERMO, E. F. A.; SEIXAS, T. G.; BAËTA, A. P.; MOREIRA, I. **Bioconcentração e biomagnificação de metilmercúrio na baía de Guanabara, Rio de Janeiro.** Revista Química Nova, v. 34, n. 3, p.377-384, 2011.
- KOGAN, M.; GRECO, L. S. L.; ROMANO, L. A.; RODRÍGUEZ, E. M. **Effects of cadmium on somatic and gonadal growth of juvenile females of the estuarine crab *Chasmagnathus granulata*.** Zoological studies, v. 39, p. 344-350, 2000.
- KOJADINOVIC, J.; BUSTAMANTE, P.; CORRE, M.; COSSON, R. P. **Trace Elements in Three Marine Birds Breeding on Reunion Island (Western Indian Ocean): Part 2—Factors Influencing Their Detoxification.** Archives of Environmental Contamination and Toxicology, v. 52, p. 418–430, 2007.

- LESSA, G. C.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; BRICHTA, A. **The tides and tidal circulation of Todos os Santos Bay, Northeast Brazil: a general characterization.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, June, vol.73, n. 2, p.245-261, 2001.
- LIMA JUNIOR, R. G. S.; ARAÚJO, F. G.; MAIA, M. F. PINTO, A. S. S. B. **Evaluation of heavy metals in fish of the Sepetiba and Ilha Grande Bays, Rio de Janeiro, Brazil.** Environmental Research, v. 89, p. 171-179, 2002
- MACHADO, S. L.; CARVALHO, M. F.; DELGADO, C. W. C.; ANJOS, J. A. S. A.; DOURADO, K. A.; AMPARO, N. S.; CARDOSO, L. P.; LIMA, A. V. M.; SANTOS, D. M.; SANTOS, D. B.; KIPERSTOK FIRST, A.; SÁNCHEZ, L.; BOTELHO, M. A. B.; OLIVEIRA NETO, F. A. **PROJETO PURIFICA – Proposta para remediação de áreas degradadas pela atividade extrativa de chumbo em Santo Amaro da Purificação.** Salvador, Bahia, 2003.
- MACFARLANE, G. R.; BOOTH, D. J.; BROWN, K. R. **The Semaphore crab, *Heloecius cordiformis*: bio-indication potential for heavy metals in estuarine systems.** Aquatic Toxicology, v. 50, p. 153–166, 2000.
- MACKEVIČIENĖ, G. **Bioaccumulation of heavy metals in noble crayfish (*Astacus astacus* L.) tissues under aquaculture conditions.** Ekologija, v. 2, p. 79–82, 2002.
- MAHARAJAN, A.; VASEEHARAN, B.; RAJALAKSHMI, S.; VIJAYAKUMARAN, M.; KUMARASAMY, P.; CHEN, J. C. **Effect of copper on morphology, weight, and chromosomal aberrations in the spiny lobster, *Panulirus homarus* (Linnaeus, 1758).** Biological Trace Element Research, v. 144, p. 769-780, 2011.
- MANCE, G. **Pollution threats of heavy metals in aquatic environments.** London. Elsevier Applied Science: 1987, 363 p.
- MANTEL, L.H.; BLISS, D. E. **The Biology of Crustacea: Internal anatomy and Physiological regulation.** New York: Academic Press, 1983.
- MANTELATTO, F. L. M.; DIAS, L. L. **Extension of the known distribution of *Charybdis hellerii* (A. Milne-Edwards, 1867) (Decapoda, Portunidae) along the western tropical south Atlantic.** Crustaceana, v. 72, p. 617 – 620, 1999.

MARSHALL, A. R. **A survey of the snook fishery of Florida, with studies of the biology of the principal species, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792).** Florida Board of Conservation Marine Research Laboratory Technical Series Number 22. 1958.

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

MARTINS, C. M. G.; BARCAROLLI, I. F.; MENEZES, E. J. ; GIACOMIN, M. M.; WOOD, C. M.; BIANCHINI, A. **Acute toxicity, accumulation and tissue distribution of copper in the blue crab *Callinectes sapidus* acclimated to different salinities: In vivo and in vitro studies.** Aquatic Toxicology, v.101, p. 88-99, 2011.

MCMEANS, B.C.; BORGA, K.; BECHTOL, W.R.; HIGGINBOTHAM, D.; FISK, A.T. **Essential and non-essential element concentrations in two sleeper shark species collected in arctic waters.** *Environmental Pollution*, v. 148, p. 281-290, 2007.

MCNICOL, R.E.; SCHERER, E. **Behavioral responses of lake white fish (*Coregonus clupeaformis*) to cadmium during preference- avoidance testing.** *Environmental Toxicology and Chemical*, v. 10, p. 225-234, 1991.

MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos Brachyura (Caranguejos e siris) do litoral brasileiro.** São Paulo: Plêiade, 1996. 640 p.

MILAZZO, A. D. D. **Biodisponibilidade e bioconcentração de metais em ecossistema.** 87 f. Dissertação. (Geoquímica: Petróleo e Meio ambiente) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2011.

MORALES-HERNÁNDEZ, M.; SOTO-JIMÉNEZ. M. F.; PÁEZ-OSUNA F. **Heavy metals in sediments and lobster (*Panulirus gracilis*) from the discharge area of the submarine sewage outfall in Mazatlán Bay (SE Gulf of California).** *Archives of environmental contamination and toxicology*, v. 46, p. 485-491, 2004.

MUTO, N.; REN, H. W.; HWANG, G. S.; TOMINAGA, S.; ITOH, N.; TANAKA, K. **Induction of two major isoforms of metallothionein in crucian carp (*Carassius***

cuvieri) by air pumping stress, dexamethasone, and metals. Comparative Biochemistry and Physiology, v. 122, p. 75–82, 1999.

MUYSSSEN, B. T. A.; BRIX, K. V.; DEFOREST, D. K.; JANSSEN, C. R. **Nickel essentiality and homeostasis in aquatic organisms**. Environmental Reviews, v. 12, p. 113–131, 2004.

NAGABBHUSHANAM, R.; REDDY, P. S.; FINGERMAN, M. **Heavy metal pollution: use of marine crustaceans as biological indicator**. In: FINGERMAN, M.; NAGABBHUSHANAM, R.; THOMPSON, M. F. Recent advances in marine biotechnology. Vol. 2. New Delhi: Science Publisher, p. 225 – 254, 1998.

NAGHSHBANDI, N.; ZARE, S.; HEIDARI, R.; RAZZAGHZADEH, S. **Concentration of heavy metals in different tissues of *Astacus leptodactylus* from Aras Dam of Iran**. Pakistan Journal of Biological Sciences, v. 10, p. 3956-3959, 2007.

NORDHAUS, I. **Feeding ecology of the semi-terrestrial crab *Ucides cordatus cordatus* (Decapoda: Brachyura) in a mangrove forest in northern Brazil**. 203 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Bremen, Bremen, 2003.

NUDI, A. H.; WAGENER, A. L. R.; FRANCONI, E.; SCOFIELD, A. L.; SETTE, S. B.; VEIGA, A. **Validation of *Ucides cordatus* as a bioindicator of oil contamination and bioavailability in mangroves by evaluating sediment and crab PAH records**. Environment International, v. 33, p. 315–327, 2007.

OLIVEIRA, I. S. **Estudo continuado da biologia quantitativa da população explorada de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) no ecossistema de manguezal de Garapuá, Cairu – Ba**. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), 2005.

OLMOS, F.; SILVA, R. S. E. **Guará: ambiente, flora e fauna dos manguezais de Santos – Cubatão**. São Paulo: Empresa das Artes, 2003.

OOST, R.V.; BEYER, J.; VERMEULEN, N.P. **Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review**. Environmental Toxicology and Pharmacology, v. 13, p. 57-149, 2003.

PAGANINI, C. L.; BIANCHINI, A. **Copper accumulation and toxicity in isolated cells from gills and hepatopancreas of the Blue Crab (*Callinectes sapidus*)**. Environmental Toxicology and Chemistry, v. 28, p. 1200–1205, 2009.

- PÁEZ-OSUNA, F. **Trace metal concentrations and their distribution in the lobster *Panulirus inflatus* (BOUVIER, 1895) from the Mexican Pacific Coast.** Environmental Pollution, v. 90, p. 163-170, 1995.
- PEDROZO, M. F. M.; LIMA, I. V. 2001. **Ecotoxicologia do cobre e seus compostos.** Salvador: CRA, 128 p. (Cadernos de Referência Ambiental, v.2).
- PEIXOTO, J. A. S. **Baía de Todos os Santos: vulnerabilidades e ameaças.** 2008. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.
- PEREIRA, M. O.; HENRIQUES, M. B.; ZENEB, O. M. O.; SAKUMA, A.; KIRA, C. S. **Determinação dos teores de Hg, Pb, Cd, Cu e Zn em moluscos (*Crassostrea brasiliiana*, *Perna perna* e *Mytella falcata*).** Revista do Instituto Adolfo Lutz, v.6, p.19-25, 2002.
- PESO-AGUIAR, M. C. ***Macoma constricta* (Bruguière, 1792) (Bivalvia- Tellinidae) como biomonitor da presença crônica do petróleo na Baía de Todos os Santos (BA).** 161p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 1995.
- PHILLIPS, D.J.H., RAINBOW, P.S. **Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminants.** 2 ed. London: Chapman & Hall, 1993.
- PINHEIRO, M. A. A.; FISCARELLI, A. G. **Manual de Apoio à Fiscalização do Caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*).** Curitiba: Ed. Grafitec, 2001. 43 p.
- POISSANT, L.; ZHANG, H. H.; CANÁRIO, J.; CONSTANT, P. **Critical review of mercury fates and contamination in the arctic tundra ecosystem.** Science of total Environmental, v. 400, p. 173-211, 2008.
- POURANG, N.; DENNIS, J. H.; GHOURECHIAN, H. **Distribution of heavy metals in *Penaeus semisulcatus* from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage.** Environmental Monitoring and Assessment, v. 100, p.71–88, 2005.
- RAINBOW, P. S. **The biology heavy metals in the sea.** United Kingdom: Gordon and Breach, v. 21, p. 195-211, 1985.

- RAINBOW, P. S. **The significance of trace metal concentrations in decapods.** Symposia of the Zoological Society of London v. 59, p. 291–313, 1988.
- RAINBOW, P. S. **Ecophysiology of Trace Metal Uptake in Crustaceans.** Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 44, p. 169-175, 1997.
- RAVINDRANATH, M. H. **Manual of Research Methods for Crustacean biochemistry and physiology.** Central Marine Fisheries Research Institute Special Publication, Mandras, 1981.
- RESGALLA, JR. C.; WEBER, L. I.; CONCEIÇÃO, M. B. **O mexilhão *Perna perna* (L.): Biologia, Ecologia e Aplicações.** Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 324p.
- RIBEIRO, R. F.; VOLLAIRE, Y.; SANCHES – CHARDI, A. ROCHE, H. **Bioaccumulation and the effects of organichlorine pesticides PAH and heavy metals in the Eel (*Anguilla Anguilla*) at the Camargue Nature Reserve, France.** Aquatic Toxicology, v. 74, p. 53-69. 2005.
- RISSO - DE FAVERNEY, C.; DEVAUX, A.; LAFAURIE, M.; GIRARD, J.P.; BAILLY, B.; RAHMANI, R. **Cadmium induces apoptosis and genotoxicity in rainbow trout hepatocytes through generation of reactive oxygene species.** Aquatic Toxicology, v. 53, p. 65-76, 2001.
- RIVAS, L. R. **The Florida fishes of the genus *Centropomus* commonly know as snook.** Quarterly J. of the Florida Academy Sciences, Orlando. p. 53-64, 1962.
- RIVAS, L. R. **Systematic review of the perciform fishies of the genus *Centropomus*.** Copeia, v.3, p. 579 – 611, 1986.
- RODRIGUES, A. M. T.; BRANCO, E. J.; SACCARDO, S. A.; BLANKENSTEYN, A. **A exploração do caranguejo *Ucides cordatus* (Decapoda: Ocypodidae) e o processo de gestão participativa para normatização da atividade na região sudeste-sul do Brasil.** Boletim do Instituto de Pesca, v. 26, n. 1, p. 63-78, 2000.
- ROESIJADI, G.; ROBINSON, W. E. **Metal regulation in aquatic animals: mechanisms of uptake, accumulation, and release.** In: MALINS, D. C.; OSTRANDER, G. K. (eds). Aquatic toxicology. Molecular, biochemical, and cellular perspectives, p. 387-420. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994.
- ROJAS, J. C. **Contribucion al conocimiento de la biologia de los robalos *Centropomus undecimalis* e *C. poeyi* en la Laguna de Terminos, Campeche,**

Mexico. Boletim do Instituto Oceanográfico Universidad de Oriente, v.14, n.1, p.51-70, 1975.

SALVADOR, M. J.; SAWAZAKI, D. T. A.; VIVES, A. E. S.; HATTORI, G. Y.; ORGHÊDA, L. A.; ZUCCHI, D. **Analysis in crab tissues and in sediment of estuary from Iguape (São Paulo, Brazil) by total reflection x-ray fluorescence.** In: VIII ENAN, 2007, Santos. International Nuclear Atlantic Conference. Rio de Janeiro: ABEN, 2007. p. 151-151.

SANTOS, J. B.; QUEIROZ, A. F. S.; CELINO, J. J. **Estatística multivariada de metais em sedimentos superficiais de manguezais na porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia.** Cadernos de Geociências, v. 7, n. 2, novembro 2010.

SANTOS, L. F. P. **Avaliação dos teores de cádmio e chumbo em pescado proveniente de São Francisco do Conde, Bahia.** 76 f. Dissertação (Mestrado em Alimento, Nutrição e Saúde) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

SARGENTELLI, V.; MAURO, A. E.; MASSABNI, A. C. **Aspectos do metabolismo do cobre no homem.** Revista Química Nova, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 290- 293, 1996.

SAVINOV, V. M.; GABRIELSEN, G. W.; SAVINOVA, T. N. **Cadmium, zinc, copper, arsenic, selenium and mercury in seabirds from the Barents Sea: levels, inter-specific and geographical differences.** Science of the Total Environment, v. 306, p.133–158, 2003.

SHIMMA, E. M. I. **Nutrição - nosso corpo mineral.** *Globo Ciência*, v. 5, n. 52, p. 33-38, 1995.

SILVA, A. L. N. **Efeito da predação do *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) - PISCES: Centropomidae - sobre a tilápia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) cultivados em viveiros de água doce.** 105p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.

SILVA, U. A. T. **Cultivos experimentais de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1673).** 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

- SILVA, M. S. G. M.; QUEIROZ, J. F.; TRIVINOS-TRIXINO. S. **Indicadores biológicos de qualidade**. In: Organismos bentônicos: Biomonitoramento de qualidade de água. 1 ed, Jaguaruna-SP: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 91p.
- SOEGIANTO, A.; CHARMANTIER-DAURES, M.; TRILLES, J. P.; CHARMANTIER, G. **Impact of copper on the structure of gills and epipodites of the shrimp *Penaeus japonicus***. Journal of Crustacean Biology, v. 19, p. 209–223, 1999.
- SOUTO, F. J. B. **A ciência que veio da lama: uma abordagem etnoecológica abrangente das relações ser humano/ manguezal na comunidade pesqueira de Acupe, Santo Amaro, Bahia**. 319 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, 2004.
- SPACIE, A.; MCCARTY, L. S.; RAND, G. M. **Bioaccumulation and bioavailability in multiphase systems**. In: RAND, G. M. Fundamentals of Aquatic Toxicology (pp. 493-521). Boca Raton: 1995. CRC Press.
- SPICER, J. I.; WEBER, R. E. **Respiratory impairment in crustaceans and mollusks due to exposure to heavy metals**. *Comparative Biochemistry Physiology*, v. 100, n. 3, p. 339- 342, 1991.
- SPRAGUE, J. B. **Aquatic Toxicology**. In: SCHRENCH, C. B.; MOYLE, P. B. (Eds). Methods for Fish Biology. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland, USA, 1990.
- TAYLOR, R. G.; J. A. WHITTINGTON; H. J. GRIER; R. E. CRABTREE. **Age, growth, maturation, and protandric sex reversal in the common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792), from South Florida waters**. Fishery Bulletin. v. 98, n.3, p. 612-624, 2000.
- TEIXEIRA, R. R.; SIMÕES, R. C.; BRANDÃO, J. M.; MATOS, W. N.; FONTES, V. M. S.; FERNANDEZ, L. G. **Análise da capacidade de bioacumulação de metais pesados por quatro espécies de moluscos bivalves (*Anomalocardia brasiliiana*, *Brachidontes exustus*, *Iphigenia brasiliiana*, *Crassostra sp.*) da praia de Cabuçu (Saubara, Bahia)**. In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu, Minas Gerais.
- TUCKER, JR. J. W.; CAMPBELL, S. W. **Spawing season of common snook along the East central Flórida coast**. Flórida Scientist, v. 51, p.1-16, 1988.

TUROCZY, N. J.; MITCHELL, B. D.; LEVINGS, A. H.; RAJENDRAM, V. S. **Cadmium, copper, mercury, and zinc concentrations in tissues of the King Crab (*Pseudocarcinus gigas*) from southeast Australian waters.** Environment International, v. 27, p. 327–334, 2001.

UC ARMY. Engineer Waterways Experiment Station. Environmental Effects of Dredging – Technical Notes. **Factors influencing bioaccumulation of sediment-associated contaminants by aquatic organisms: factors related to contaminants**, 1989. 5p.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática.** Maringá: EDUEM, 1996. 196p.

VIARENGO, A. **Heavy metals ion marine invertebrates: mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level.** Reviews in Aquatic Sciences, v. 1, p. 295-317, 1989.

VIARENGO, A.; BURLANDO, B.; CERATTO, N.; PANFOLI I. **Antioxidant role of metallothioneins: a comparative overview.** Cellular and Molecular Biology, v. 46, p. 407-417, 2000.

VITALE, A. M.; MONSERRAT, J. M.; CASTILHO, P.; RODRIGUEZ, E. M. **Inhibitory effects of cadmium on carbonic anhydrase activity and ionic regulation of the estuarine crab *Chasmagnathus granulata* (Decapoda, Grapsidae).** Comparative Biochemistry and Physiology, v.122, p. 121- 129, 1999.

VIRGA, R. H. P. **Análise Quantitativa de metais pesados (Cd, Cr, Cu, Pb e Zn) em siris azuis do gênero *Callinectes sp.* (Crustacea, Portunidae) provenientes do Rio Cubatão, Cubatão, São Paulo, Brasil.** Dissertação. (Mestrado em Saúde Coletiva) Universidade Católica de Santos. Santos, 2006.

VOGT, G. **Life-cycle and functional cytology of the hepatopancreatic cells of *Astacus astacus* (Crustacea, Decapoda).** Zoomorphology, v. 114, p. 83-101, 1994.

VOLPE, A. V. **Aspects of the biology of the common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) of southwest Florida.** Florida State Board of Conservation Technical Series, n. 31, 1959. 37 p.

WAGNER, A.; BOMAN, J. **Biomonitoring of trace elements in vietnamese freshwater mussels.** Spectrochimica Acta Part B, v. 59, p. 1125-1132, 2003.

- WHITE, S. L.; RAINBOW, P. S. **Regulation and accumulation of copper, zinc and cadmium by the shrimp *Palaemon elegans***. Marine Ecology Progress Series, v. 8, p. 95–101, 1982.
- WILLIAMS, A. B. **The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda, Portunidae)**. Fishery Bulletin, v, 72, p. 685-798, 1974.
- WOLL, A. K. **The edible crab: Biology, grading and handling live crustaceans**. Handbook. More Research Institute, Alesund, Norway, 2006. 31 p.
- WU, J. P.; CHEN, H. C. **Effects of cadmium and zinc on the growth, food consumption, and nutritional conditions of the white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone)**. Bulletin Environmental Contamination Toxicology, v. 74, p. 234–241, 2005.
- YANG, X. **Use of fish biomarkers to assess the contaminant exposure and effects in lake Erie tributaries**. 150f. 2004. (Dissertação) - Doutorado, Ohio State University, 150 pp
- YANG, Z. B.; ZHAO Y. L.; YANG, N. LI. J. **Effect of waterborne copper on the microstructure of gill and hepatopancreas in *Eriocheir sinensis* and its induction of metallothionein synthesis**. Archives of Environmental Contamination & Toxicology, v. 52, p. 222-228, 2007.
- YILZMAR, A. B.; YILZMAR, L. **Influences of sex and seasons on levels of heavy metals in tissues of green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus* de Hann, 1844)**. Food Chemistry, v. 101, p. 1664–1669, 2007.