

**DISTRIBUIÇÃO DE METAIS PESADOS EM TECIDO MUSCULAR DE *Callinectes bocourti* DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR MUNDAÚ/MANGUABA (AL)**

**MILENA PIRES MARQUES**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES**

**JULHO - 2009**

**DISTRIBUIÇÃO DE METAIS PESADOS EM TECIDO MUSCULAR DE *Callinectes bocourti* DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR MUNDAÚ/MANGUABA (AL)**

**MILENA PIRES MARQUES**

“Monografia apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense como parte das exigências para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais.”

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES**

**JULHO- 2009**

**DISTRIBUIÇÃO DE METAIS PESADOS EM TECIDO MUSCULAR DE *Callinectes bocourti* DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR MUNDAÚ/MANGUABA**

**MILENA PIRES MARQUES**

“Monografia apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais.”

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Comissão examinadora:

---

Prof (a) Prof. Cristina Maria Magalhães de Souza (D.Sc. em Geociências) – UENF

---

Dr. Marcelo Gomes de Almeida (Dr. em Biociências e Biotecnologia) - UENF

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho (D.Sc. em Geociências) – UENF  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

Para que este trabalho fosse realizado, contei com a ajuda e o apoio de muitas pessoas, que contribuíram de diferentes formas na minha vida, mas sem dúvida cada uma foi especial e teve sua importância, à sua maneira.

Assim, em primeiro lugar agradeço à Deus, por estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida, me protegendo, fortalecendo e me guiando neste caminho.

Agradeço à minha mãe e minha avó, Mônica e Ivonne, meus exemplos de vida, pelo carinho, amor e dedicação, principalmente nos momentos mais difíceis, por não me deixarem desistir. A vocês devo tudo que sou.

Ao meu pai, Edelberto, meu exemplo de caráter, pelos momentos de descontração, pela sempre preocupação com a minha formação. Com certeza mesmo longe teve e sempre terá grande importância em todos os momentos da minha vida.

À Sônia e aos meus irmãos, Gabriel e Alinne, pelos vários momentos de risadas e comilanças, que com certeza vão estar guardados no meu coração sempre.

A família Pires, pela preocupação e carinho. Mesmo estando longe e com todas as dificuldades enfrentadas, sempre estivemos unidos pelo amor que existe em nossa família, nos ajudando em todos os momentos.

Ao meu namorado e companheiro de todos os momentos, Leonardo, pela total dedicação, por me ouvir e apoiar, e também por todos os momentos de alegria.

À Carmencita, minha “madrinha” e amiga, por todos os momentos felizes e total atenção e carinho.

À minha sempre amiga e companheira, Fernanda, pelo carinho, apoio e amizade, mesmo com toda distância e a falta que fez todo esse tempo sempre esteve presente.

À minha companheira de república, Luiza, pela dedicação, preocupação, apoio e com certeza pelos pratos sempre especiais preparados por ela.

As minhas grandes amigas, Laura, Aline e Carlinha, por todos os momentos de companheirismo e alegria. Por sorrir e chorar comigo, e por estarem presente nos momentos mais importantes da minha vida.

Aos meus amigos de faculdade, Camille, Kelly, Seldon, Pipi, Yuri, Ísis, Bruninha, Júlia e Sueli, por todos os momentos de alegria e descontração, e por fazerem parte da minha história.

Ao meu orientador, Dr Carlos Eduardo Veiga de Carvalho pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Um especial agradecimento a Cris e a Bia, pela ajuda e paciência na elaboração deste trabalho.

Ao técnico André Maxado, por ter me auxiliado e por ter me passado todos os conhecimentos na parte experimental deste trabalho.

A Taíse pela contribuição na elaboração deste trabalho.

A Cristal e ao Marcelo Almeida por aceitarem participar da minha banca.

A todos os funcionários da UENF, em especial à Fernanda e Magda pela paciência e por terem me servido da melhor forma possível.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela oportunidade de realização do Curso.

À todos os professores da graduação, por transmitirem da melhor forma possível seus conhecimentos.

A todos os demais colegas de faculdade, pela convivência e ajuda.

A CNPq pelo financiamento deste projeto.

Aos pesquisadores da Universidade Federal de Alagoas que contribuíram com a identificação das amostras utilizadas neste trabalho.

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	4
LISTA DE FIGURAS .....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
RESUMO .....	9
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Apresentação .....	11
1.2. Poluição.....	11
1.3. Metais Pesados.....	11
1.3.1. Metais Pesados no Ambiente Aquático.....	13
1.4. Siris como indicadores de contaminação .....	14
1.4.1. Descrição da espécie: <i>Callinectes bocourti</i> (siri azul) .....	15
1.5. Impacto Ambiental na região do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba-AL (CELMM).....	18
2. JUSTIFICATIVA .....	20
3. HIPÓTESE DE TRABALHO.....	20
4. OBJETIVOS.....	20
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	21
5.1. Área de Estudo.....	21
5.2. Amostragem .....	23
5.3. Metodologia de digestão e determinação de metais .....	24
5.4. Análises Estatísticas .....	25
6. RESULTADOS .....	25

6.1. Sexo x concentração dos metais .....	26
6.2. Tamanho corporal x concentração de metais .....	28
6.3. Peso corporal x concentração de metais.....	30
7. DISCUSSÃO .....	31
8. CONCLUSÃO .....	35
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
10. APÊNDICE.....	41

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Representação dos principais processos de transporte dos metais pesados nos diferentes compartimentos. ....	13
<b>Figura 2.</b> Foto da espécie <i>Callinectes bocourti</i> .....	16
<b>Figura 3.</b> Favelização às margens da lagoa de Mundaú. ....	19
<b>Figura 4.</b> Mapa do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (Teixeira & Sá, 1998). ....	22
<b>Figura 5.</b> Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias de Maceió no ano de 2006 .....	23
<b>Figura 6.</b> Relação tamanho e peso corporal de siri azul na lagoa Mundaú (A) e Manguaba (B).....	25
<b>Figura 7.</b> Concentração dos metais cobre e zinco em siris azuis nas lagoas Mundaú e Manguaba.....	26
<b>Figura 8.</b> Concentrações de cobre e zinco, em machos e fêmeas da Lagoa Manguaba.....	28
<b>Figura 9.</b> Concentrações de cobre e zinco, em machos e fêmeas da Lagoa Mundaú. ....	28

<b>Figura 10.</b> Correlação das concentrações de cobre e o tamanho corporal em fêmeas de siri azul na lagoa Mundaú.....	29
<b>Figura 11.</b> Correlação das concentrações de cobre (A) e zinco (B) e o tamanho corporal em machos de siri azul na lagoa Manguaba. ....	29
<b>Figura 12.</b> Correlação das concentrações de cobre e o tamanho corporal em fêmeas de siri azul na lagoa Manguaba.....	30
<b>Figura 13.</b> Correlação das concentrações de cobre (A) e zinco (B) e o peso corporal em machos de siri azul na lagoa Mundaú. ....	30
<b>Figura 14.</b> Correlação das concentrações de cobre e o peso corporal em machos de siri azul na lagoa Manguaba.....	31

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Distribuição de machos e fêmeas coletados nas lagoas Mundaú e Manguaba.....	23
<b>Tabela 2.</b> Limites de detecção para cada metal.....	24
<b>Tabela 3.</b> Médias gerais das concentrações de cobre e zinco ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) nas lagoas Manguaba e Mundaú.....	26
<b>Tabela 4.</b> Variação das concentrações de zinco ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) em machos e fêmeas, nas lagoas Mundaú e Manguaba. ....	27
<b>Tabela 5.</b> Variação das concentrações de cobre ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) em machos e fêmeas, nas lagoas Mundaú e Manguaba. ....	27
<b>Tabela 6.</b> Tabela comparativa das concentrações de cobre e zinco, em diferentes espécies de crustáceos. ....	34

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo determinar as concentrações de Zn, Cu, Ni, Cd, Cr e Pb no siri azul (*Callinectes bocourti*) como indicativo de contaminação ambiental por metais pesados no Complexo Estuarino Lagunar de Mundaú/Manguaba em Alagoas. Dentre os metais determinados Cr, Ni, Cd e Pb ficaram abaixo do limite de detecção do método utilizado, sendo consideradas apenas as concentrações de Cu e Zn. A lagoa Mundaú apresentou maiores teores de ambos os metais, em relação a Manguaba, apresentando diferença significativa somente para cobre ( $p < 0,0001$ ), o que sugere que existe influência do despejo de esgoto *in natura* na lagoa Mundaú, provenientes da cidade de Maceió que fica próximo a esta lagoa. Com relação ao tamanho e peso corporal, observou-se uma correlação positiva para ambos os metais entre estes parâmetros, com exceção para os machos da lagoa Manguaba e fêmeas na lagoa Mundaú, somente para o cobre, indicando que indivíduos maiores tendem a acumular maiores concentrações de metais em função do maior tempo que estiveram expostos aos mesmos. Além disso, ao considerar o sexo, foram observadas maiores concentrações de metais em fêmeas, com diferença significativa nas duas áreas de amostragem, em virtude da maturidade sexual, que confere uma maior tendência nas fêmeas em acumular metais. Finalmente, os níveis de Cu e Zn observados no presente estudo encontram-se acima das concentrações de áreas consideradas como naturais e abaixo de áreas consideradas como poluídas, estando as mesmas abaixo do limite máximo permitido para o consumo humano ( $30 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  to Cu and  $100 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  to Zn).

## ABSTRACT

The present study aimed to determine Zn, Cu, Ni, Cd, Cr and Pb concentrations in blue crab (*Callinectes bocourti*) as indicative of environmental contamination by heavy metals in the Estuary Lagoon Complex of Mundaú / Manguaba in Alagoas. Among the analyzed metals Cr, Ni, Cd and Pb presented concentrations lower than the detection limit of the used method, therefore just Cu and Zn concentrations were considered. Mundaú lagoon showed higher levels for both metals, although only for copper ( $p < 0.0001$ ) significant differences were observed, suggesting that there is influence of *in natura* waste water in Mundaú lagoon from Maceió City. In relation to size and weight, there was a positive correlation between the metals for both parameters, except for males of Manguaba lagoon and females of Mundaú lagoon, only to copper, indicating that larger individuals tend to accumulate higher metals concentrations in function to the longer exposure time to these metals. Considering sex, it was observed higher concentrations of metals in females when compared to males, with significant difference among the sampling areas. This trend is probably due to sexual maturity which confers a greater tendency for females to accumulate metals. Finally, Cu and Zn concentrations measured in the present study were higher than the concentrations observed in pristine areas and lower than contaminated areas, the observed concentrations were also under the maximum concentration permitted for human consumption ( $30 \mu\text{g.g}^{-1}$  to Cu and  $100 \mu\text{g.g}^{-1}$  to Zn).

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Apresentação**

Este estudo faz parte do projeto de cooperação bilateral Brasil Alemanha, dentro do Programa de Ciências do Mar intitulado: “Impacto de Poluentes da Monocultura de Cana de Açúcar em estuários e Águas Costeiras do NE-E do Brasil: Transporte, destino e Estratégias de Gerenciamento Sustentável”, que tem como coordenadores gerais os professores Dr. Bastiaan Adriaan Knoppers (Geoquímica, UFF) e Dr. Wolfgang Baltzer (Universidade de Bremen) e financiamento do CNPq (Processo nº590002/2005-8) e do BMBF.

### **1.2. Poluição**

A poluição ambiental pode ser definida como a introdução de substâncias naturais ou não em um determinado ambiente, influenciando os seres vivos direta ou indiretamente, de maneira reversível ou irreversível e alterando as características naturais dos ecossistemas atingidos (Odum,1988; Forstner & Wittmamm,1981).

Segundo Pascalichio (2002), o Brasil vem enfrentando dificuldades inerentes no tratamento das fontes poluidoras (pólos industriais, esgoto urbano, lixões, defensivos agrícolas, fertilizantes), que aliada à poluição pontual continuam gerando inúmeros obstáculos no controle da qualidade sanitária das águas.

### **1.3. Metais Pesados**

Os metais são elementos que são geralmente encontrados na natureza em pequenas concentrações, da ordem de partes por bilhão (ppb) a partes por milhão (ppm) e possuem características próprias tais como aparência brilhante, são bons condutores de eletricidade e geralmente participantes de reações químicas como

íons positivos (Walker *et al.*, 1996). Dentre os metais, o termo metal pesado é usado para designar os elementos metálicos que possuem densidade maior que 5 g.ml<sup>-1</sup> (Pereira e Soares-Gomes, 2002).

Os metais pesados podem ser classificados quanto à sua essencialidade para os organismos, em essenciais e não essenciais. Os essenciais (Cu, Fe, Mn e Zn) são aqueles que possuem função biológica conhecida e são constituintes obrigatórios do metabolismo dos organismos, participando de processos envolvendo compostos enzimáticos, fazendo parte do sistema aceptor/doador de elétrons. Porém, mesmo estes elementos com função biológica conhecida, quando em grandes concentrações, podem apresentar toxicidade aos organismos vegetais e animais (Lacerda *et al.*, 1989).

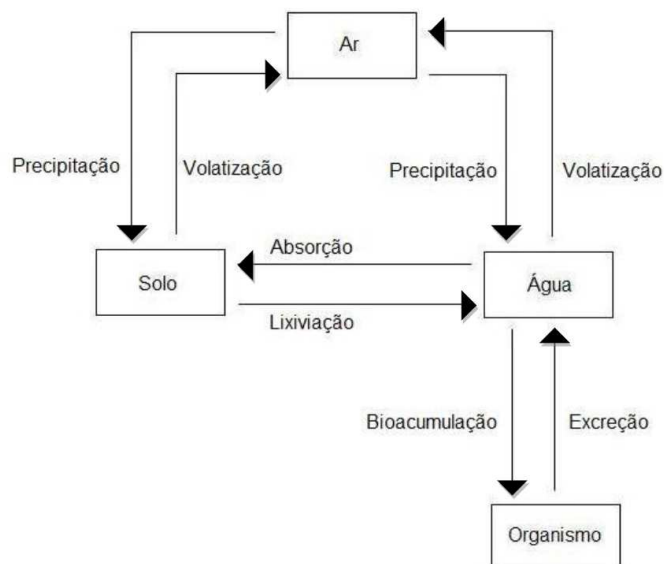
Os elementos zinco e cobre, por exemplo, são micronutrientes essenciais para crustáceos decápodos. O primeiro é usado como ativador de sistemas enzimáticos, enquanto o cobre é utilizado como parte integrante do pigmento respiratório hemocianina (Rainbow, 1997). Segundo Lacerda *et al.*, (1989), o zinco está presente na composição de 90 enzimas, principalmente as que atuam no crescimento celular. Além destes elementos, o ferro, também apresenta sua importância por está presente na formação da hemoglobina (Walker *et al.*, 1996).

Por outro lado, os elementos não essenciais (Al, Hg, Pb, Cd, Ag, Cr, Ni e Sn), não possuem função biológica conhecida, podendo apresentar toxicidade aos organismos mesmo em baixas concentrações.

Em relação a sua incorporação na cadeia alimentar, os metais pesados podem ser classificados de acordo com sua disponibilidade no ambiente aquático. Eles podem estar disponíveis, potencialmente disponíveis ou então não disponíveis. Estão disponíveis quando dissolvidos em águas superficiais e intersticiais ou adsorvidos à fase sólida mineral ou orgânica, potencialmente disponíveis quando estão complexados com a matéria orgânica na forma de sulfetos, co-precipitados com óxidos de ferro e manganês na forma de carbonatos ou hidróxidos e não disponíveis quando estão na forma de silicatos ou então constituindo a estrutura cristalina de minerais primários e secundários (Grambell, 1976 *apud* Malm, 1986).

### 1.3.1. Metais Pesados no Ambiente Aquático

Nos ecossistemas aquáticos, os metais pesados podem ser introduzidos através de aporte atmosférico, liberação e transporte a partir da rocha matriz ou então através de fontes antropogênicas (Nriagu, 1979, Nurnberg, 1984). Quando introduzidos no meio hídrico, vários fatores podem influenciar a sua mobilidade e conseqüentemente sua potencialidade tóxica, como por exemplo, o pH e Eh (Foster & Charlesworth, 1996). Estes mecanismos além de regular a disponibilidade dos metais no ambiente aquático, também vão permitir a ciclagem através de diferentes compartimentos no ecossistema (figura 1).



**Figura 1.** Representação dos principais processos de transporte dos metais pesados nos diferentes compartimentos.

Os organismos marinhos podem ser considerados como grandes responsáveis pela dinâmica dos metais no ambiente aquático, tendo em vista capacidade de acumular níveis superiores de metais-traço do que aqueles usualmente encontrados na água (Bernhard e Andreae, 1984; Yamamoto *et al.*, 1985). As vias principais para entrada dos metais nos organismos marinhos são: via direta, através das brânquias, e indireta, através da alimentação, via trato intestinal (Vazquez, 2005).

A bioacumulação se refere à transferência dos contaminantes do meio externo para um organismo, no qual as concentrações observadas são consideravelmente superiores às do meio, podendo ocorrer pela exposição a sedimentos, água ou alimento (designado de transferência trófica). Vários fatores influenciam na bioacumulação, como processos biológicos (ecologia alimentar, hábitos, fisiologia, e bioquímica das espécies) e composição quali-quantitativa de compostos químicos no ambiente (Azevedo e Chasin, 2003).

Por outro lado, a biomagnificação é definida como o aumento da concentração dos xenobióticos nos tecidos dos organismos à medida que se encontra em um nível trófico superior. Este conceito leva em consideração que a alimentação é a principal fonte de metais para cadeia alimentar, ou seja, quando os contaminantes acumulados passam de um nível trófico para outro, pela rota dos alimentos, por exemplo da presa para o predador, resultando no aumento da concentração no nível trófico mais alto (Butler, 1978).

#### **1.4. Siris como indicadores de contaminação**

Muitos organismos (animais e vegetais) estão sendo utilizados como bioindicadores ou biomonitores de contaminação ambiental. Dentre esses, destaca-se, os crustáceos decápodos como siris e caranguejos, principalmente por serem organismos bentônicos e de baixo poder de dispersão.

Rainbow, 1985, demonstra a capacidade de crustáceos decápodos regularem a concentração interna de elementos essenciais, como Zn e Cu, a partir de quantidades crescentes no ambiente, empregando processos de desintoxicação fisiológica e bioquímica, como a formação de depósitos granulares e formação de proteínas ligadas aos metais (p.ex., metalotioneínas).

Segundo Mantelatto & Fransozo, 1999, estes animais possuem grande importância ecológica na cadeia trófica como predadores generalistas e consumidores da matéria orgânica depositada nos estuários.

No Brasil, os siris possuem uma grande importância econômica, pois são muito utilizados na atividade pesqueira por diversas comunidades costeiras, estando amplamente distribuídos em nosso litoral, desde o Amapá até o Rio Grande do Sul (Mello, 1996).

Em vista da importância que o siri apresenta, não só economicamente, mas também por ser muito consumido pela população local, neste trabalho foi utilizada a espécie *Callinectes bocourti* como bioindicador ambiental.

#### 1.4.1. Descrição da espécie: *Callinectes bocourti* (siri azul)

Segundo Buckup e Bond-Buckup (1999), o siri azul apresenta a seguinte classificação zoológica:

Filo CRUSTACEA

Classe MALACOSTRACA Latreille, 1806

Subclasse EUMALACOSTRACA Grobben, 1892

Superordem EUCARIDA Calman, 1904

Ordem DECAPODA Latreille, 1803

Subordem PLEOCYEMATA Burkenroad 1963

Infraordem BRACHYURA Latreille, 1803

Seção BRACHYRHINCHA Borradaile, 1907

Superfamília PORTUNOIDEAE Rafinesque, 1815

Família PORTUNIDAE Rafinesque, 1815

Gênero *Callinectes* ssp.

- **Ocorrência:** Os siris azuis ocorrem desde regiões estuarinas a hipersalinas, de baixa profundidade a águas bastante profundas, em fundos arenosos, de lama, rochosos, com cascalhos e associados a corais (Mantelatto & Fransozo, 1999). É mais comum encontrar *C. bocourti* em águas rasas de estuários e nas bocas de rio, suportando águas de baixa salinidade e até poluídas. Geralmente, em fundo de areia, lama, conchas ou rochas (Mello, 1996).

- **Estrutura Corporal:** Com relação à estrutura corporal da espécie, estes têm como características comuns o último par de pernas ambulatórias em forma de remo (adaptadas à natação) e uma série de dentes na margem ântero – lateral da carapaça. Além disso, são também caracterizados por possuírem carapaça ovalada, achatada dorso-ventralmente (Hickman *et al*, 2004).

A largura da carapaça é duas vezes o comprimento do corpo (Figura 2). Além disso, possuem carapaça verde acinzentada no dorso, com grânulos na região dorsal. Apresentam dois espinhos nas laterais da carapaça, e nove dentes anterolaterais triangulares. Os quelípodos são de tamanho moderados a grandes, com dois dedos, sendo o superior fixo e o inferior móvel.

- **Dimorfismo Sexual:** Os sexos diferem principalmente no formato do abdômen, onde nos machos se apresenta em forma de “T”, bem distinto da fêmea que apresenta dois tipos de abdômen de acordo com a maturidade sexual. Fêmeas imaturas possuem abdômen triangular, com segmentos fusionados, enquanto que as maduras apresentam uma forma mais arredondada (Negreiros- Fransozo e Fransozo,1994).



**Figura 2.** Foto da espécie *Callinectes bocourti*

- **Crescimento:** O crescimento dos crustáceos ocorre de forma descontínua, devido a presença da carapaça calcária externa (exoesqueleto), que envolve o animal por inteiro, impedindo seu crescimento. Para que ocorra o crescimento, o animal precisa “mudar” de carapaça, este processo é chamado de ecdise ou muda, e está dividido basicamente em quatro fases: 1- intermuda: é um período estacionário entre as mudas, onde o animal tende a absorver nutrientes e armazená-los para o período de muda; 2- pré-ecdise (pré-muda): onde a carapaça velha se desprende da epiderme,

que secreta uma nova carapaça; 3- ecdise ou muda: descarte da antiga carapaça; 4- pós-ecdise: a carapaça antiga não existe mais, o animal fica vulnerável, pois a nova carapaça ainda está “mole”. Nesse período o animal se esconde e absorve água através do intestino, há um aumento considerável no seu volume sanguíneo, ocorre reposição dos sais orgânicos armazenados e outros constituintes. Neste estágio o indivíduo está maior, devido a água absorvida pelo intestino, então ele cresce. Logo em seguida ao crescimento o exoesqueleto endurece (Hickman *et al*, 2004, Cameron, 1985).

- **Ciclo de vida:** O siri azul inicia sua vida como uma larva planctônica microscópica-zoea- de existência planctônica em águas de alta salinidade, alimentando-se de organismos também planctônicos menores. A zoea sofre sete mudas permanecendo neste ambiente de alta salinidade, até a última, onde se transforma em megalopa e migra para dentro do estuário, em águas menos salinas, adotando uma existência bentônica. No período em que ela passa no estuário na forma de megalopa, ela sofre uma única muda e transforma-se em siri jovem. Este por sua vez, migra para águas mais escuras, menos salinas, procurando vegetação submersa onde se alimenta de moluscos e pequenos peixes, bem como se protegendo de predadores. Os siris jovens crescem por cerca de 18 meses, onde sofrem mudas até atingirem a maturidade, sempre em águas mornas (Hickman *et al*, 2004).

- **Hábitos alimentares:** Os siris azuis se alimentam de três diferentes maneiras: 1- raptorial, que envolve a captura de grandes organismos vivos; 2- interface, que envolve procedimentos de alimentação na superfície de objetos e sedimentos e 3- planctófaga, que se constitui no consumo de material suspenso de pequeno porte. Essas três maneiras podem ser utilizadas dependendo da disponibilidade do alimento, maturidade (larva, jovem, juvenil, adulto) e sexo (macho, fêmea e fêmea ovígera) do indivíduo, e, portanto o nível de contaminação e bioacumulação podem também ser dependentes destas fontes de alimentação (Negreiros- Fransozo, Fransozo, 1994).

### **1.5. Impacto Ambiental na região do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba-AL (CELMM)**

A região do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba-AL (CELMM) é referida por Marques, 1991, como um “ecocomplexo mutiestressado”, pois somam-se ao estresse natural inerente aos ecossistemas estuarinos, grupos de estresse antropogênicos.

A atividade sucro-alcooleira nas margens do Complexo é uma das principais responsáveis pela poluição que afeta diversas bacias hidrográficas. Nas bacias do rio Mundaú há, atualmente, seis usinas canavieiras e, no rio Paraíba há quatro unidades, sendo que algumas delas localizadas às margens de afluentes. Outras indústrias além da sucro-alcooleira encontram-se instaladas: alimentícias, químicas, de fiação e tecelagem, de papel e celulose e de fertilizantes (Marques, 1991).

A poluição originada do lançamento de efluentes industriais de usinas é mais acentuada durante o verão, quando a vazão dos rios é mais reduzida, ocorrendo um aporte de poluentes de carga orgânica, colaborando com o processo de eutrofização (Calado & Sousa, 2002).

Uma das evidências de estresse ambiental a qual este ecossistema está submetido é a grande mortalidade de peixes nas lagoas, causada principalmente pela depleção nas taxas de oxigênio dissolvido (ocasionado pela eutrofização). Nos rios, há transporte de fertilizantes e agrotóxicos resultantes das atividades agrícolas. Através destes chegam também às duas lagoas toneladas de lixo, resíduos industriais e esgoto doméstico de nove municípios, inclusive Maceió (Leahy, 1994).

Constituem um dos principais fatores de poluição nessa região a favelização (figura 3) às margens da lagoa Mundaú e a falta de saneamento básico nos assentamentos urbanos do Complexo e das bacias hidrográficas (Marques, 1991).



**Figura 3.** Favelização às margens da lagoa de Mundaú (Foto Dr. T. C. Jannerjahn).

Os constantes desmatamentos que vêm sofrendo a vegetação de mangue localizada na região dos canais têm acentuado o depósito de sedimento tendo efeito no fluxo das águas e aumentando assim o número de loteamentos nas margens e também a pesca predatória (Leahy, 1994). A subsistência da população ribeirinha está diretamente ligada à pesca o que contribui para quase uma total escassez de diversas espécies cuja quantidade era mais expressiva anteriormente (Silva & Silva, 1983).

Os materiais introduzidos no estuário reagem e sofrem transformações devido às súbitas alterações na salinidade, pH, turbidez, respiração e produtividade primária. Alguns componentes são retidos pela sedimentação e outros atravessam este gradiente sem sofrer alterações, alcançando o mar. O grau de retenção e exportação destes materiais para o mar depende do tempo de residência das águas do sistema. Lagunas Costeiras, como o sistema Mundau-Manguaba, estão mais habilitados a reter e reciclar materiais, enquanto estuários deltáicos, como do rio Paraíba do Sul, tendem a liberar mais materiais para o mar (Knoppers, 1994; Turner and Millward, 2002).

## **2. JUSTIFICATIVA**

O nível de metais pesados em *Callinectes bocourti* compromete a integridade ambiental do Complexo Lagunar Mundaú/Manguaba, oferecendo um potencial risco de contaminação para as populações. Dessa forma, um estudo sobre a contaminação torna-se de grande importância tanto do ponto de vista ambiental quanto de saúde pública, já que o organismo estudado é altamente consumido pela população local.

## **3. HIPÓTESE DE TRABALHO**

Devido à presença de diversas indústrias, inclusive a indústria sucroalcooleira que colaboram com o aporte de rejeitos químicos para o complexo em questão espera-se encontrar níveis de metais acima do permitido para consumo humano pela legislação brasileira no tecido muscular de *Callinectes bocourti* (Siri azul).

## **4. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo geral detectar as concentrações de metais (Zn, Cu, Ni, Cd, Cr e Pb) no siri azul (*Callinectes bocourti*) como indicativo de contaminação ambiental por metais pesados no Complexo Estuarino Lagunar de Mundaú/Manguaba.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Verificar se as concentrações dos metais pesados estão dentro do permitido pela legislação brasileira para consumo humano;
2. Correlacionar as variáveis biológicas da espécie (peso, tamanho corporal, sexo) com as concentrações dos metais;

3. Comparar as concentrações médias totais dos metais detectados nas duas lagoas (Mundaú e Manguaba).

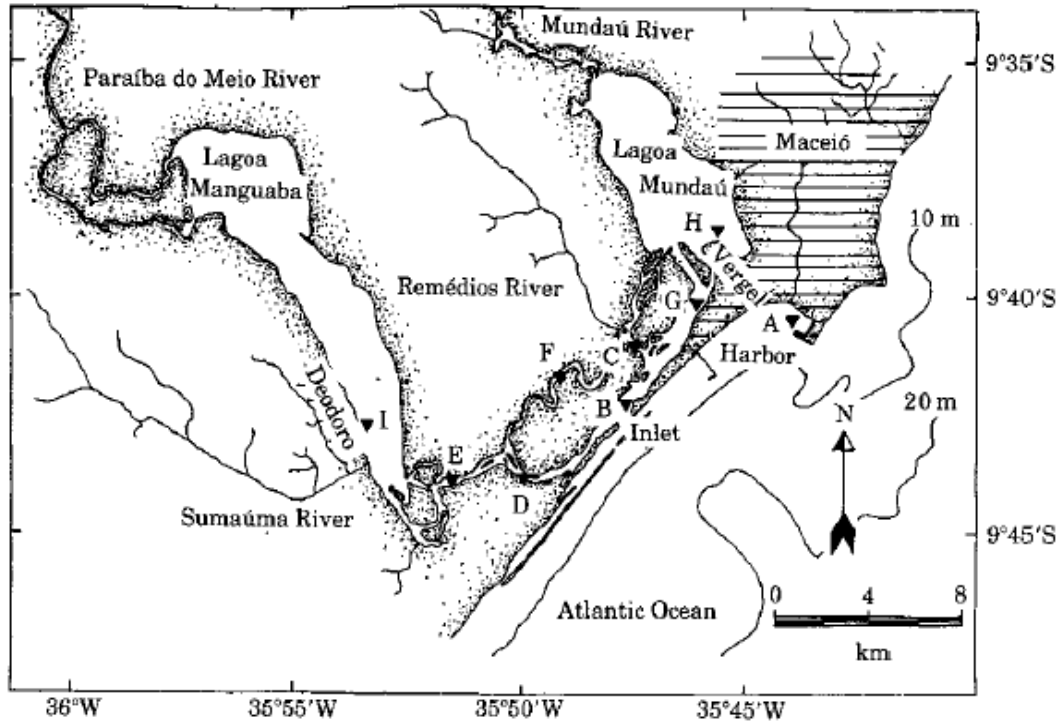
## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Área de Estudo**

A área de estudo foi o Complexo Estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba (AL) (Figura 4), (CELMM/AL) que está situado ao sul da cidade de Maceió, capital do Estado de Alagoas no nordeste brasileiro, entre as coordenadas geográficas de 35°42'30" – 35°57'30" W e 9°35'00" – 9°45'00" S. Este complexo banha os municípios de Maceió, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Pilar e Marechal Deodoro. Possui uma área de aproximadamente 50 km<sup>2</sup> sendo constituído pelas lagoas de Mundaú e Manguaba. Estas lagoas são interligadas por uma série de canais que convergem para uma única desembocadura (Calado & Sousa, 2003; Teixeira & Sá, 1998).

Essa região é caracterizada pela diversidade de habitats, peixes (Teixeira & Falcão, 1992), e macrocrustáceos (Silva, 1994).

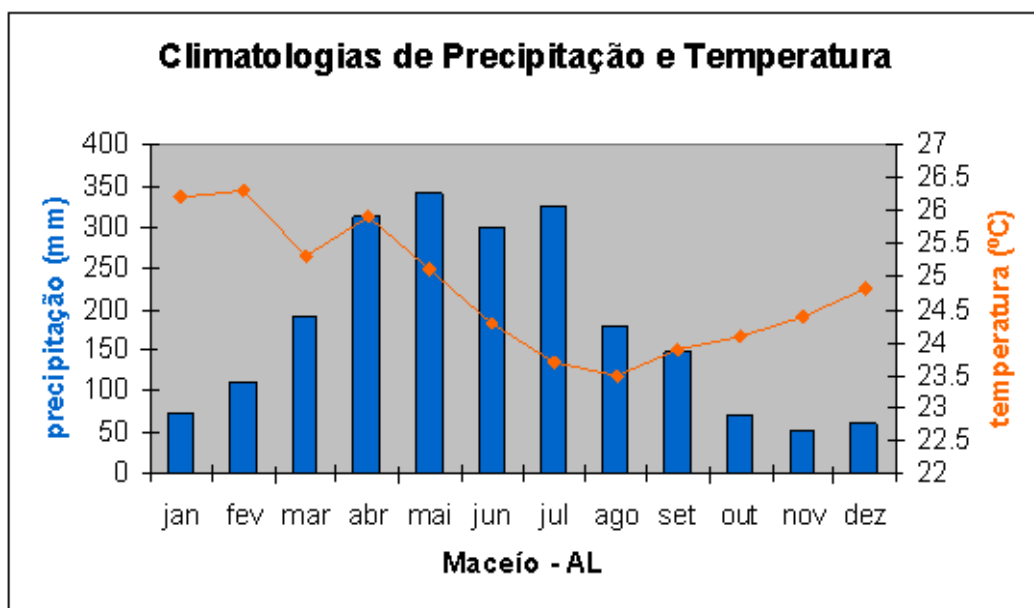
Os principais rios que fazem parte do CELMM/AL são: Mundaú, Paraíba do Meio e o Sumauma Grande; o primeiro desaguando na lagoa de Mundaú e os dois últimos na Manguaba (Calado & Sousa, 2002).



**Figura 4.** Mapa do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (Teixeira & Sá, 1998).

O clima da região é tropical (Alagoas, 1980), onde se observa duas estações bem definidas (Figura 5). A estação chuvosa se estende dos meses de março a agosto, sendo o período mais intenso de chuvas entre maio e julho. Já a estiagem ocorre entre os meses de setembro e fevereiro (Eskinazi-Leça, 1976)

Entre março e agosto as chuvas chegam a alcançar 73% do total e entre setembro e fevereiro atingem apenas 7,3% sendo esse regime pluviométrico estacional caracterizado por outono-inverno chuvoso e verão seco com raras precipitações, típico de regiões de baixa latitude (Alagoas, 1980 *apud* Calado & Sousa, 2003).



**Figura 5.** Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias de Maceió no ano de 2006

## 5.2. Amostragem

No presente estudo foi coletado um total de 48 indivíduos, sendo 24 da lagoa Manguaba e 24 da lagoa Mundaú (Tabela 1). As coletas foram feitas no mês de agosto em 2006, período de estação chuvosa.

As amostras estudadas foram armazenadas em caixas de isopor com gelo logo após a coleta e transportadas até o laboratório de Carcinologia da Universidade Federal de Alagoas. Foram mantidas em embalagens plásticas previamente identificadas (local e data) e congeladas em freezer.

**Tabela 1.** Distribuição de machos e fêmeas coletados nas lagoas Mundaú e Manguaba.

LOCAL	MACHO	FÊMEA	TOTAL
Lagoa Manguaba	9	15	24
Lagoa Mundaú	10	14	24
TOTAL	19	29	48

Após a transferência dos espécimes para a Universidade Estadual do Norte Fluminense, no Laboratório de Ciências Ambientais, os mesmos foram mantidos congelados em um freezer (-18° C), até o momento das análises.

No laboratório foi realizada a medição dos parâmetros biológicos (peso, largura cefalotorácica da extremidade dos espinhos e determinação do sexo). Posteriormente, as amostras foram descongeladas e dissecadas em porções de tecido muscular da região abdominal e que foram separadas com o auxílio de material cirúrgico de aço inox.

### 5.3. Metodologia de digestão e determinação de metais

Alíquotas de 1,00g de tecido muscular foram então pesadas em triplicata e solubilizadas com 10mL HNO<sub>3</sub> em bloco digestor a 100°C. Após a total solubilização, os extratos foram evaporados até quase a secura e posteriormente filtrados, sendo seus volumes finais aferidos com HNO<sub>3</sub> 0,5 N a 20mL (Latouche e Mix, 1982). Após este procedimento os extratos foram estocados refrigerados até a determinação de metais pesados. Para verificação das possíveis contaminações foram analisados brancos analíticos para cada grupo de 10 amostras.

Para a determinação de metais nos extratos (Cu, Zn, Cd, Cr, Ni e Pb) foi utilizado o Espectrofotômetro de Emissão Atômica com plasma Induzido (ICP-AES da Varian, modelo Liberty II).

O limite de detecção do método calculado através da metodologia descrita por Skoog e Leary (1992) de acordo com a equação, estando apresentados na Tabela 2:

$$LD = (3 \times DP \text{ branco}) / a$$

Onde: DP branco representa o desvio padrão de um número significativo de brancos e a corresponde à inclinação da curva de calibração.

**Tabela 2.** Limites de detecção para cada metal

	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn
Limites (ug.g <sup>-1</sup> )	0,1	0,7	0,7	0,8	0,3	0,3

## 5.4. Análises Estatísticas

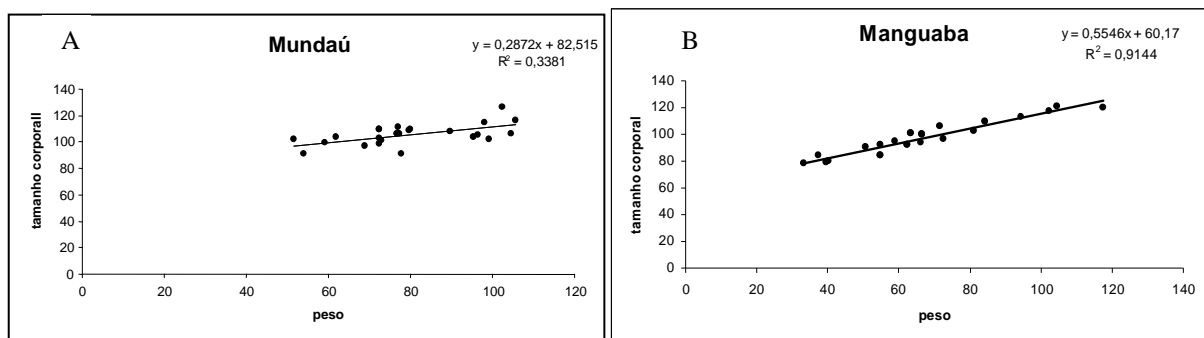
O programa utilizado foi o Graphpad versão 5.0. A análise de variância empregada foi Teste T Mann-Whitney com nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ), com objetivo de verificar possíveis diferenças na concentração de cobre e zinco nos indivíduos das duas áreas de amostragem, e nos diferentes sexos.

Para descrever a dependência da variável concentração de cobre e zinco em relação à variável peso e tamanho corporal foram realizados a regressão simples.

## 6. RESULTADOS

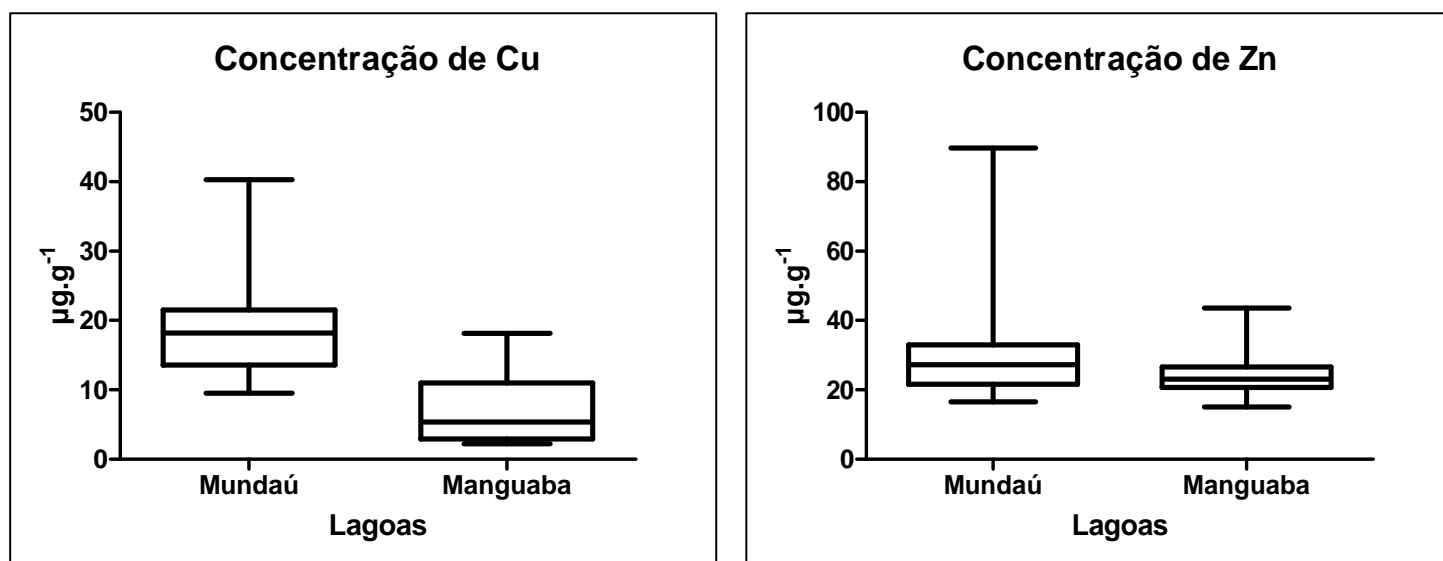
De acordo com os metais considerados neste estudo pode-se observar que Cr, Ni, Cd e Pb ficaram abaixo do limite de detecção do método utilizado (Tabela 2), sendo consideradas apenas as concentrações de Zn e Cu.

Com relação ao tamanho, a largura dos exemplares de siri azul capturados variou entre 96,8 e 126,9 mm na lagoa Mundaú e na lagoa Manguaba variou entre 78 e 120,7 mm, já o peso corporal variou entre 51,7 e 105,6 g na lagoa Mundaú e na lagoa Manguaba variou entre 33,4 e 117,6 g. Além disso, foi observada uma correlação positiva entre esses dois parâmetros (Figura 6), sendo esse aspecto melhor visualizado na lagoa de Manguaba (Figura 6B).



**Figura 6.** Relação do tamanho e peso corporal de siri azul na lagoa Mundaú (A) e Manguaba (B).

Com relação às áreas de amostragem, pode-se observar que houve diferença significativa entre as lagoas Mundaú e Manguaba para cobre ( $p < 0,0001$ ), entretanto zinco ( $p = 0,056$ ) não apresentou diferenças significativas (Figura 7).



**Figura 7.** Concentração dos metais cobre e zinco em siris azuis nas lagoas Mundaú e Manguaba.

Em Mundaú, a média geral da concentração de cobre foi de  $18,4 \mu\text{g.g}^{-1}$ , sendo superior a observada em Manguaba ( $7,09 \mu\text{g.g}^{-1}$ ), entretanto as médias das concentrações de zinco não apresentaram diferença significativa entre as lagoas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Médias gerais das concentrações de cobre e zinco ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) nas lagoas Manguaba e Mundaú.

	Cu ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )	Zn ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )
MUNDAÚ	18,4	26,8
MAGUABA	7,09	23,8

### 6.1. Sexo x concentração dos metais

Foram observadas diferenças na variação das concentrações de cobre e zinco em relação ao sexo dos espécimes analisados. Nas duas áreas de

amostragem pode-se observar que as concentrações de ambos os metais foram superiores em fêmeas com relação aos machos (Tabela 4).

Na lagoa Mundaú a variação das concentrações de zinco em fêmeas foi de  $43,5 \pm 18,1 \mu\text{g.g}^{-1}$  e em machos foi de  $33,8 \pm 16,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ , já na lagoa Manguaba, em fêmeas foi de  $43,6 \pm 18,9 \mu\text{g.g}^{-1}$  e em machos foi de  $22,4 \pm 15,1 \mu\text{g.g}^{-1}$  (Tabela 4). Com relação ao cobre, na lagoa Mundaú a variação das concentrações em fêmeas foi de  $40,2 \pm 10,5 \mu\text{g.g}^{-1}$  e em machos  $21,6 \pm 9,5 \mu\text{g.g}^{-1}$  (Tabela 5).

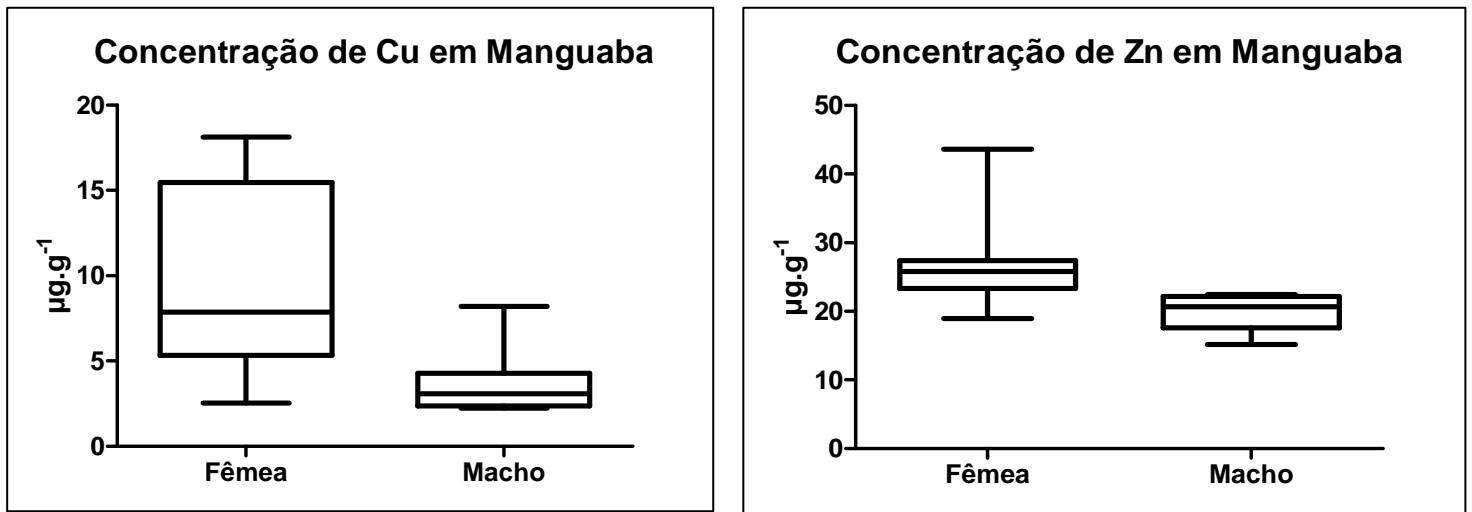
**Tabela 4.** Intervalo (máximo e mínimo) das concentrações de zinco ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) em machos e fêmeas, nas lagoas Mundaú e Manguaba.

	Fêmea	Macho
Manguaba	43,6 - 18,9	22,4 - 15,1
Mundaú	43,5 - 18,1	33,8 - 16,5

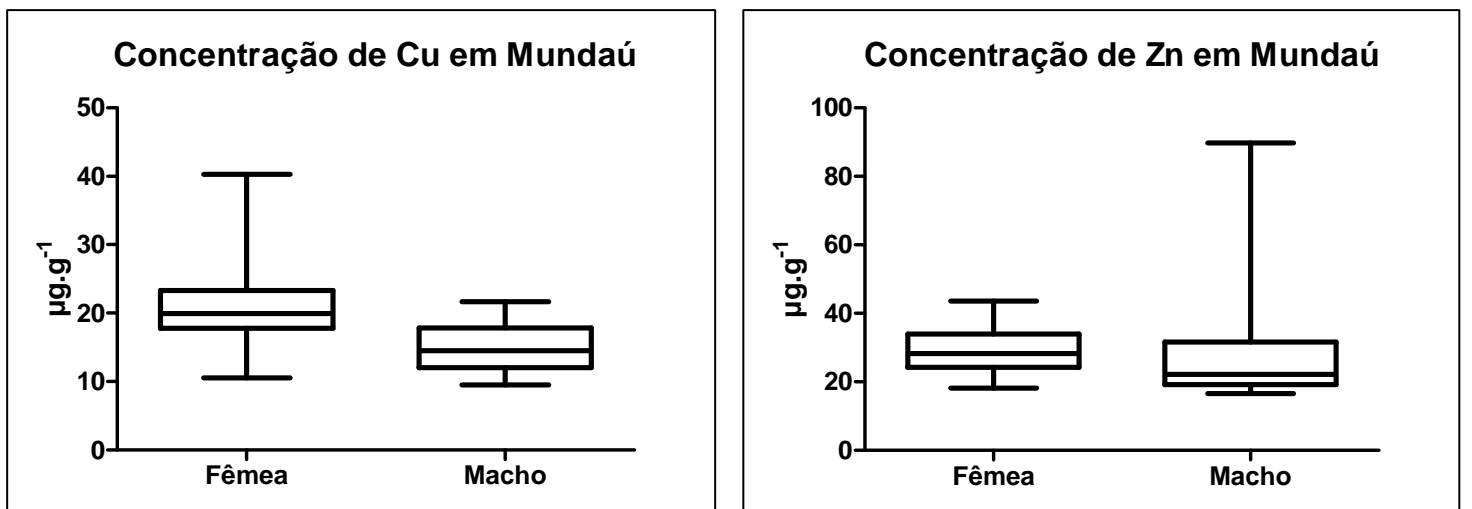
**Tabela 5.** Intervalo (máximo e mínimo) das concentrações de cobre ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) em machos e fêmeas, nas lagoas Mundaú e Manguaba.

	Fêmea	Macho
Manguaba	18,1 - 16,6	4,3 - 2,2
Mundaú	40,2 - 10,5	21,6 - 9,5

Os resultados apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para ambos os metais nas duas áreas de amostragem (Figura 8 e 9), exceto para as concentrações de zinco ( $p = 0,1688$ ) na lagoa Mundaú.



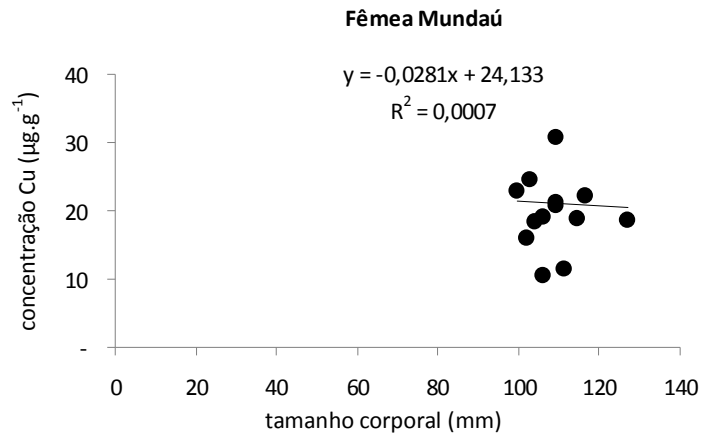
**Figura 8.** Concentrações de cobre e zinco, em machos e fêmeas da Lagoa Manguaba



**Figura 9.** Concentrações de cobre e zinco, em machos e fêmeas da Lagoa Mundaú.

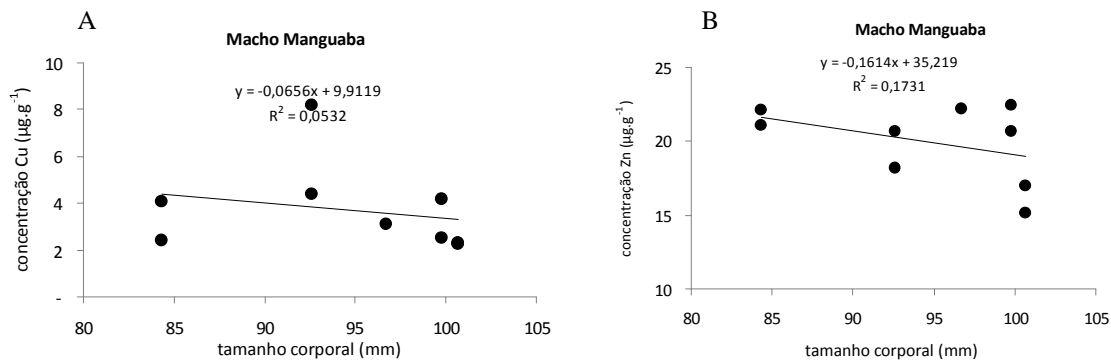
## 6.2. Tamanho corporal x concentração de metais

Na lagoa Mundaú foi observada uma correlação positiva entre o tamanho corporal e a concentração dos metais, exceto para fêmeas com relação ao cobre (figura 10).

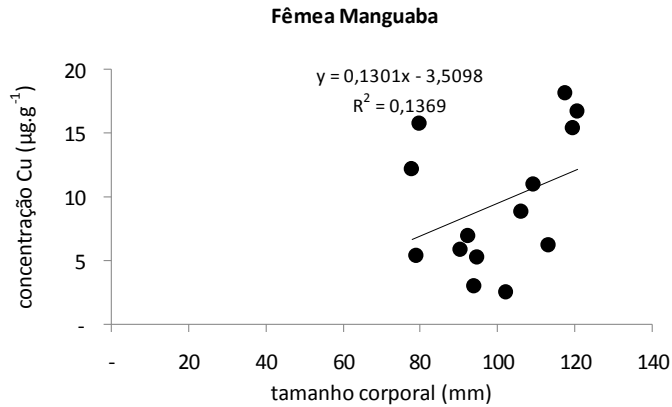


**Figura 10.** Correlação das concentrações de cobre e o tamanho corporal em fêmeas de siri azul na lagoa Mundaú.

Por outro lado, na lagoa Manguaba, houve uma correlação negativa entre as concentrações de cobre e zinco e o tamanho corporal em machos (figura 11). Já em relação às fêmeas, as concentrações de zinco foram estáveis, e as de cobre aumentaram (figura 12).



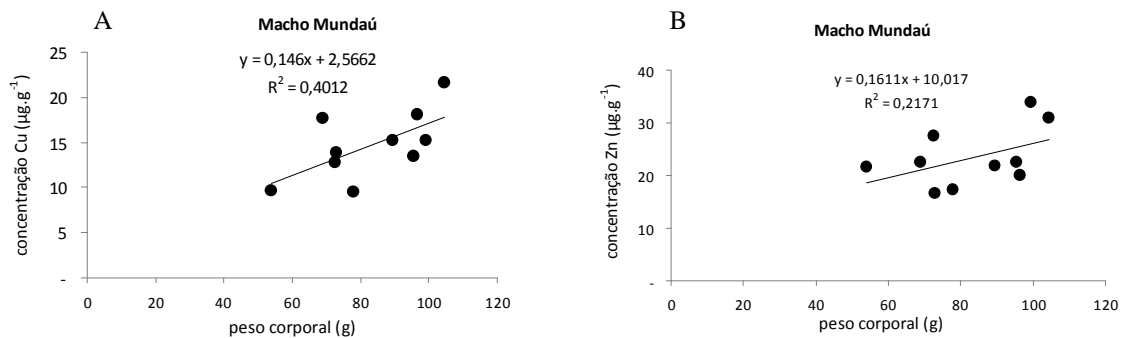
**Figura 11.** Correlação das concentrações de cobre (A) e zinco (B) e o tamanho corporal em machos de siri azul na lagoa Manguaba.



**Figura 12.** Correlação das concentrações de cobre e o tamanho corporal em fêmeas de siri azul na lagoa Manguaba.

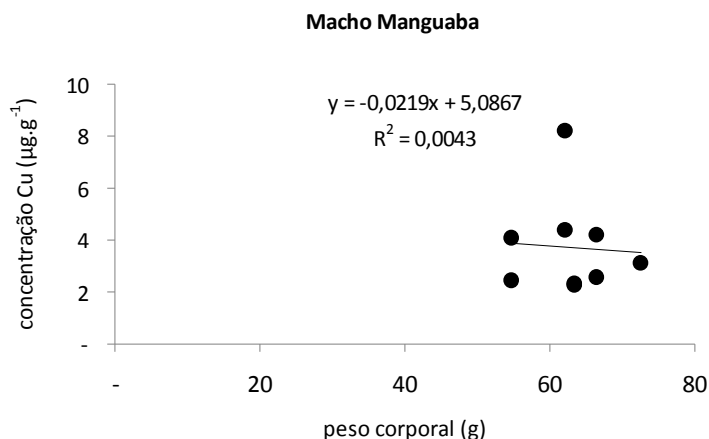
### 6.3. Peso corporal x concentração de metais

Os machos apresentaram correlação positiva nas concentrações de zinco e cobre com relação ao peso na lagoa Mundaú (figura 13). Já em fêmeas observou-se uma estabilidade na correlação entre as concentrações de cobre e zinco e o peso corporal.



**Figura 13.** Correlação das concentrações de cobre (A) e zinco (B) e o peso corporal em machos de siri azul na lagoa Mundaú.

Na lagoa Manguaba, as concentrações de zinco em machos e fêmeas praticamente não sofreram alterações em relação ao peso. Entretanto, as concentrações de cobre apresentaram uma pequena diminuição para os machos (figura 14) e aumentaram para as fêmeas.



**Figura 14.** Correlação das concentrações de cobre e o peso corporal em machos de siri azul na lagoa Manguaba.

## 7. DISCUSSÃO

A lagoa Mundaú apresentou maiores teores de cobre e zinco (figura 7). A lagoa Mundaú se encontra próximo a Maceió, recebendo grande aporte de esgoto *in natura* da capital, além disso, nas encostas do rio que abastece esta lagoa existe uma extensa plantação de cana de açúcar, com isso os pesticidas e agrotóxicos que são muito utilizados neste tipo de plantio, podem chegar às águas fluviais através da lixiviação do solo pela água da chuva, justificando os maiores níveis principalmente de Cu dessa lagoa.

Com relação ao tamanho e peso corporal, houve uma correlação positiva em ambas as áreas de amostragem (Figura 7), indicando que o peso corporal aumenta de acordo com o tamanho dos indivíduos, e que existe uma homogeneidade no tamanho da população amostrada. Entretanto, houve diferenças na massa em alguns indivíduos de diferentes tamanhos, o que se deve ao processo de muda (troca de carapaça), o qual está associado ao crescimento destes animais. Segundo Hickman *et al.*(2004) durante a muda, o animal absorve água através do intestino, o que o auxilia a crescer, aumentando o seu volume, e não necessariamente o seu tamanho.

Em geral, as concentrações de cobre e zinco aumentaram com relação ao peso e tamanho corporal, o que é esperado devido ao tempo mais longo o qual os

indivíduos estiveram expostos a acumulação desses metais. Entretanto, um padrão contrário ocorreu em machos na lagoa Manguaba, que apresentaram uma diminuição dos metais com relação a estes parâmetros. Além disso, também foi observado esse comportamento nas concentrações de cobre para as fêmeas da lagoa Mundaú (Figura 10).

Para os crustáceos, os animais jovens e menores, tendem a passar mais vezes pelo processo de muda. Da fase de zoea até a fase jovem, mudam cerca de 7 vezes em 7 semanas, enquanto que na fase adulta realizam em torno de 20 mudas no período de 3 anos (Cameron, 1995). Essas mudas ocorrem em função de uma maior atividade metabólica, que os animais possuem durante a fase de crescimento, desta forma, vão ingerir uma maior quantidade de alimentos e em consequência uma maior quantidade de contaminantes, caso estejam presentes no ambiente (Mantelatto, Christofolletti, 2001), justificando a correlação positiva observada entre a concentração dos metais e o tamanho e peso corporal.

Mantelatto & Christofolletti (2001) observaram que a dieta alimentar de *Callinectes* varia de acordo com o tamanho, estágio de muda, sexo e estação do ano. Esses autores ainda observaram que animais imaturos se alimentam de organismos pequenos, encontrados no fundo de sistemas aquáticos, como foraminíferos, poliquetas, briozoários, equinodermos e etc. Dessa forma, organismos de gênero *Callinectes* estão propensos ao acúmulo de toxinas em função do seu hábito alimentar filtrador e ou detritívoro, explicando as maiores concentrações de cobre e zinco observadas em indivíduos menores no presente estudo.

Virga & Geraldo (2008) trabalhando com a espécie *Callinectes* em Cubatão, observaram que os menores exemplares apresentaram as maiores concentrações de cobre e zinco, da mesma forma que o observado em machos na lagoa Manguaba (para cobre e zinco) e em fêmeas em Mundaú (apenas para o cobre). Além disso, segundo os mesmos autores, observou-se que a partir da segunda classe de comprimento (8,1 a 9,0 cm), os níveis de cobre e zinco tenderam a diminuir para ambos os metais, entretanto, após aproximadamente a metade do intervalo entre 10,1 e 11 cm, o comportamento passou a ser de forma inversa para o cobre, como ocorreu em machos na lagoa Mundaú (figura 13 A) e em fêmeas na lagoa Manguaba (figura 12), também com relação ao cobre. Estas diferenças de concentrações, entre jovens e adultos podem ser explicadas pela suas diferentes necessidades metabólicas, visto que zinco e cobre são micronutrientes essenciais

que participam do metabolismo de crustáceos, sendo o primeiro ativador de sistemas enzimáticos, e o segundo é o princípio ativo da hemocianina, utilizada para trocas gasosas na respiração de macrocrustáceos (Rainbow, 1997).

Com relação ao sexo, pode-se observar que as fêmeas apresentaram uma maior tendência em acumular metais pesados em relação aos machos, nas duas lagoas, principalmente com relação ao cobre, destacando-se a lagoa Mundaú, onde a variação da concentração média de cobre foi de  $40,2 \pm 10,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ , entretanto foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para ambos os metais nas duas áreas de amostragem, com exceção do zinco na lagoa Mundaú. Virga & Geraldo (2008) observaram essa mesma tendência das fêmeas acumularem mais metais pesados do que os machos, porém com diferença significativa apenas para o cobre. Além disso, os valores das concentrações encontrados por estes autores foram superiores aos deste trabalho para ambos os metais e sexos.

MacFarlane *et al.* (2000) trabalhando com *Heloecius cordiformis* (carangueijo terrestre) observaram que as fêmeas tendem a acumular mais cobre e zinco do que os machos, quando encontrados em um mesmo local. Na amostragem feita no presente estudo, as fêmeas apresentam maior tamanho corporal, o que confere uma maior acumulação de metais, pelo maior tempo de exposição aos mesmos, por parte destes indivíduos. Por outro lado, apesar da alimentação de fêmeas e machos ser similar, podem ocorrer variações com a idade (jovem e adulto) ou durante a maturidade sexual das fêmeas para a produção de vitelo presente no ovo. Segundo Mantelatto & Christofolletti (2001) fêmeas ovígeras se alimentam menos que fêmeas não ovígeras, já os machos por sua vez possuem uma preferência alimentar por tecidos macios como lulas, peixes e camarões, explicando as diferenças nas concentrações dos metais, uma vez que a alimentação esta estreitamente relacionada às necessidades metabólicas dos organismos.

Na Tabela 6 estão descritos comparativamente as concentrações médias de cobre e zinco em diferentes organismos, provenientes de outras áreas de amostragem, além dos valores máximos permitidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e os valores encontrados neste trabalho.

As concentrações de zinco encontrados na espécie *Potamon fluviatilis* foram superiores em relação a espécie *Callinectes bocourti* em ambas as áreas de amostragem deste trabalho, entretanto com relação ao cobre a média geral obtida em Mundaú foi superior. Isso se deve ao fato que o estudo realizado por Karadede-

Akin & Ünlü (2006) foi em uma área poluída, o rio Tigre, que sofre influência de resíduos da fábrica Ergani Copper Plant.

**Tabela 6.** Tabela comparativa das concentrações de cobre e zinco, em diferentes espécies de crustáceos.

DESCRIÇÃO	ESPÉCIE	COBRE ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	ZINCO ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	REFERÊNCIAS
Rio Tigre (poluído)	<i>Potamon fluviatilis</i>	11,04	31,25	Karadede-Akin & Ünlü, 2006
Vitória-ES	<i>Ucides cordatus</i>	4,8	62	Jesus <i>et al.</i> , 2003
Golfo de Cariaco	<i>Farfantepenaeus subtilis</i>	5	18	Melida <i>et al.</i> , 2007
Mundaú	<i>Callinectes bocourti</i>	18,4	26,8	Este trabalho
Manguaba	<i>Callinectes bocourti</i>	7	23,8	Este trabalho
	PESCADO	30	100	ANVISA, 1998

Em relação ao cobre, as concentrações encontradas nas amostras de siri azul de Mundaú, foram superiores a de *Ucides cordatus* e *Farfantepenaeus subtilis*, o que provavelmente está relacionado ao contato dos organismos com poluentes vindos tanto do esgoto doméstico, quanto de pesticidas e agrotóxicos utilizados no plantio de cana de açúcar, que chegam à lagoa Mundaú pelas águas fluviais. Já com relação ao zinco, *Ucides cordatus* apresentou concentrações superiores, seguido da espécie *Potamon fluviatilis* quando comparados aos indivíduos das duas áreas de amostragem do presente estudo, isto, pois ambas as espécies foram coletadas em regiões com indícios de poluição, a primeira do rio Tigre, e a segunda do Estuário da Baía de Vitória, que sofre influência antrópica, como lançamento de efluentes, disposição de lixo urbano, invasões e aterros.

Por outro lado, Melida *et al.* (2007) trabalhando com *Farfantepenaeus subtilis*, no Golfo de Cariaco, na região oriental da Venezuela, encontrou concentrações menores do que as analisadas nos exemplares da lagoa Mundaú e Manguaba, para ambos os metais, sendo que, esse autor considera essas concentrações aceitáveis no ambiente natural.

Quando comparado as concentrações do presente estudo com as permitidas pela ANVISA, observa-se que estão abaixo do limite máximo permitido (30 e 100  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , respectivamente) (Tabela 6), indicando então que não há contaminação no siri da espécie *Callinectes bocourti* em relação aos metais considerados.

## 8. CONCLUSÃO

A lagoa Mundaú apresentou concentrações superiores dos metais cobre e zinco em relação à Manguaba, devido à proximidade da lagoa Mundaú a Maceió, que libera grande aporte de esgoto doméstico *in natura* nesta lagoa, além dos resíduos de pesticidas e agrotóxicos utilizados na monocultura de cana de açúcar, que são carregados para a lagoa através das águas fluviais.

Em geral, houve correlação positiva entre as concentrações dos metais pesados e os parâmetros biológicos (peso e tamanho corporal), com exceção dos machos na lagoa Manguaba, para ambos os metais, e de fêmeas na lagoa Mundaú, somente para cobre, indicando que indivíduos maiores tendem a acumular maiores concentrações de metais pesados em função do maior tempo de exposição aos mesmos. Entretanto, os indivíduos que não apresentaram este comportamento na concentração dos metais pesados podem estar passando pelo processo de muda, onde o metabolismo necessita de uma maior quantidade de alimentos e como consequência podem estar ingerindo maior quantidade de contaminantes.

As maiores concentrações foram encontradas em fêmeas, com diferença significativa ( $< 0,05$ ) nas duas áreas de amostragem, exceto para zinco ( $p= 0,1688$ ) na lagoa Mundaú. As fêmeas tendem a acumular maior quantidade metais em virtude da maturidade sexual. Além disso, foi observado que em geral, as fêmeas são maiores que os machos, indicando um maior tempo de exposição aos metais pesados.

As concentrações de cobre e zinco estudados ficaram abaixo da concentração máxima permitida para consumo humano estabelecida pela ANVISA indicando que não existe risco para as populações humanas, que usam esta fonte de proteína como alimento.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 685 de 27 de agosto de 1998. Disponível em [www.avis.gov.br](http://www.avis.gov.br)

Alagoas (1980) Secretaria de planejamento. Coordenação de desenvolvimento Científico e Tecnológico. Projeto de levantamento Ecológico Cultural da Região das Lagoas Mundaú/ Manguaba. 2ª.ed . Amp. Maceió: SEPLAN/AI,. V. II. 605.

Azevedo, F. A. & Chasin, A. A. M. (2003) As bases toxicológicas da ecotoxicologia. p.239-240.

Bernhard, M. & Andeae, M.O. (1984) Transport of trace metals in marine foods chains. In: Nriagu, J.O. (ed), Chaning metals cycles and human health. Dahlem Konferenze. Berlin, Springer-Verlag.

Buckup, L.; Bond-Buckup, G. (1999) Os crustáceos do Rio Grande do Sul. Cap. 25. Infraordem Brachyura, p.446-449.

Butler, G. C. (1978) Principles of toxicology. Scientific committe problems of the environmentat (SCOPE) of the International Council of Scientific Unions. SCOPE Report 12. John Wiley & Sons. 350 p.

Calado, T. C. S. & Sousa, E. C. (2003). Crustáceos do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba Alagoas. Fapeal, Maceió. 25: Vol . 1,2.

Calado, T. C. S. & Sousa, E. C. (2002). Crustáceos do Complexo Estuarino- Lagunar Mundaú/ Manguaba Alagoas. Fapeal, Maceió. 25: Vol. 1,2.

Cameron, J. (1985) Molting in the blue crabs. Scientific American, v. 52, n.1, p. 102-109.

- Cameron, J. (1995) Molting in the blue crabs. *Scientific American*. p. 76-83.
- Eskinazi-Leça, E. (1976) Taxonomia e distribuição das diatomáceas na Laguna Mundaú, Alagoas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pernambuco.
- Förstner, U. & Wittmann, G. T. W. (1981) Metal pollution in the aquatic environment. 2<sup>o</sup> ed. Springer – Verlag, Berlin. 485pp.
- Foster, I. D. L. & Charlesworth, S. M. (1996) Heavy Metals in the Hydrological Cycle Trends and Explanation. *Hydrological processes*, 10: 227-261.
- Hickman Jr., C. P.; Roberts, L. S.; Larson, A. (2004) *Princípios Integrados de Zoologia*. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Jesus, H.C.; Fernandes, L.F.L; Zandonade, E.; Anjos Jr., E.E.; Gonçalves, R.F.; Marques, F.C.; Reis, L.A.; Romano, C.T.; Teixeira, R.D.; Santos Sad, C.M. (2003). 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.
- Karadede-Akin, H. & Ünlü, E. (2007) Heavy metal concentrations in water, sediment, fish and some benthic organisms from Tigris River, Turkey. *Environ Monit Assess* 131:323–337.
- Lacerda, L.D., Carvalho, C.E.V., Gomes, M.P. (1989) Nota sobre a distribuição de Mn, Zn e Cu em siris da Baía de Sepetiba. *Rev. Brasil. Biol.*, 49(3), 847-849.
- Leahy, W. de. M. (1994) Estuários e lagoas. In: Sales, V. (org). *Guia do Meio ambiente - Litoral de Alagoas* 2<sup>a</sup> ed. ed. Ver. Maceió: Secretaria de Planejamento. IMA, 48-57.
- Macfarlane, G. R.; Booth, D. J.; Brown, K. R. (2000) The semaphore crab, *Heloeccius cordiformis*: bioindication potential for heavy metals in estuarine systems. *Aquatic Toxicology*, v. 50, n. 3, p. 153-166.

Malm, O. (1986) Estudo da poluição ambiental por metais pesados no sistema Rio Paraíba do Sul – rio Guandu (RPS - RG) através da metodologia de abordagem pelos parâmetros críticos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 127 p.

Mantelatto, F. L. M., Christofolletti, R. A. (2001) Natural feeding activity of the crab *Callinectes ornatus* (Portunidae) in Ubatuba Bay (São Paulo, Brazil): Influence of season, sex, size and the molt stage. *Marine Biology*, v. 138, n. 3, p. 585-594.

Mantelatto, F. L. M., Fransozo, A. (1999) Reproductive Biology and Moulting Cycle of the crab *Callinectes ornatus* (Decapoda, Portunidae) from Ubatuba region, São Paulo, Brazil. *Crustacean*, v.72, n.1, p. 63-76.

Mello, G. A. S. (1996) Manual de Identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do Litoral Brasileiro. Plêiade/APESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo. São Paulo, 604 p.

Mélida, B.; Maria, A.M.; Humberto, G.; Jésus, M.; Jorge, M. (2007) Metales pesados (Cu, Cd, Pb, Zn) em músculo y cefalotórax de camaronês silvestres *Litopenaeus schmitti*, *Farfantepenaeus subtilis*, *F. notialis* y *F. brasiliensis*. *Revista Científica, FCV- LUZ/ vol. XVII, nº2, 186 – 192.*

Marques, J.G.W. (1991) Aspectos Ecológicos na Etnoictiologia dos Pescadores do Complexo Estuarino – Lagunar Mundaú –Manguaba, Alagoas. Campinas, Instituto de Biociências Tese de de Doutorado. UNICAMP, SP 280.

Negreiros-Fransozo, H. L.; Fransozo, A. (1994) Avaliação preliminar na biologia de *C. ornatus* Ordway, 1863 e *C. danae* Smith, 1869 (Crustácea, Decapoda) na região de Ubatuba (SP), Brasil. In: Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira: Subsídios a um gerenciamento ambiental. ACIESP, v.87, n.1, p.122-130.

Nriagu, J.O., Pacyna, J.M. (1998) Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature*, 333: 134-139p.

Nurnberg, A. W. (1984). The Voltmmetric approach in the trace metal chemistry of natural waters and atmosferic precipitation. *Anal Chim Acta* 164: 1-21 pp.

Odum, E. P. (1988) *Ecologia*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara. 433p.

Pascalichchio, A. Ap. (2002) *Contaminação por metais pesados: saúde pública e medicina ortomolecular*. São Paulo, Anna Blume, 132 p.

Pereira, C. P.; Soares-Gomes, A. (2002) *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro, 322 p.

Rainbow, P. S. (1985). Accumulation of Zn, Cu and Cd by crabs and barnacles. *Estuarine, Coastal and shelf Science* 21, 669-686.

Rainbow, P. S. (1997) Ecophysiology of trace metal uptake in crustaceans. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. v. 44, n. 2, p. 167-175.

Silva, C. S. (1994) Distribuição e abundância da fauna macrobentônica do Complexo estuarino lagunar Mundaú/Manguaba (Alagoas – Brasil). *Boletim de Estudos de Ciências do Mar, Maceió*, n.8, 45 – 64p.

Silva, C. S. & Silva, C. R. S. da (1983) Comentários sobre a pesca predatória nas regiões lagunares de Alagoas – Brasil. In: *Encontro de zoologia do nordeste*, 4. Maceió. Anais. Maceió: Sociedade nordestina de zoologia, p-119-131.

Teixeira, R. L.; Falcão, G.A. F. (1992) Composição da fauna nectônica do Complexo Lagunar Mundaú/Manguaba, Maceió –AL. *Atlântica*, Rio Grande, v 14, 43 – 58.

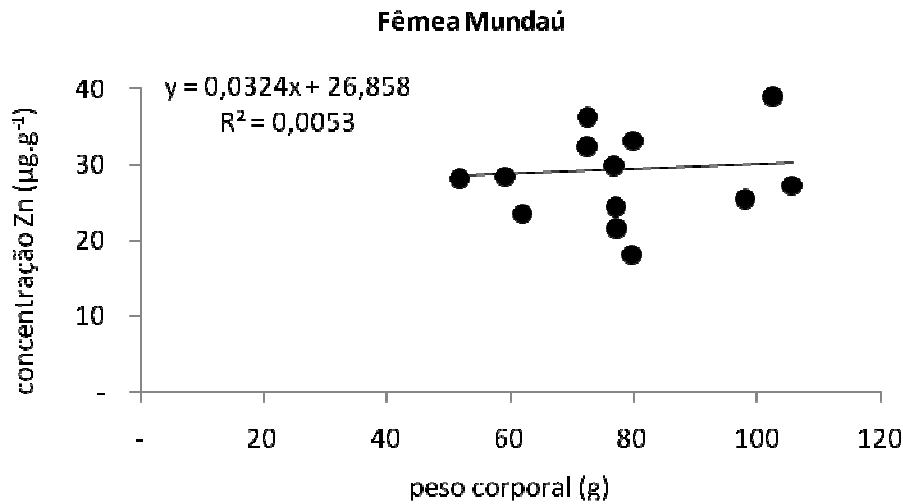
Teixeira, R. L. & Sá, H. S. (1998) Abundância de Macrocrustáceos Decápodes nas Áreas Rasas do Complexo Lagunar Mundaú/ Manguaba. AL. *Revista Brasileira de Biologia*. 12.

Vazques, F. J. (2005) Las tesinas de Belgrano: toxicidad comparada de zinc, plombo y mercurio para zoea I de *Chasmagnatus granulata* (Brachyura). Facultad de Ciências exactas e Naturales. Carrera de Licenciatura e Ciências Biológicas, 110p.

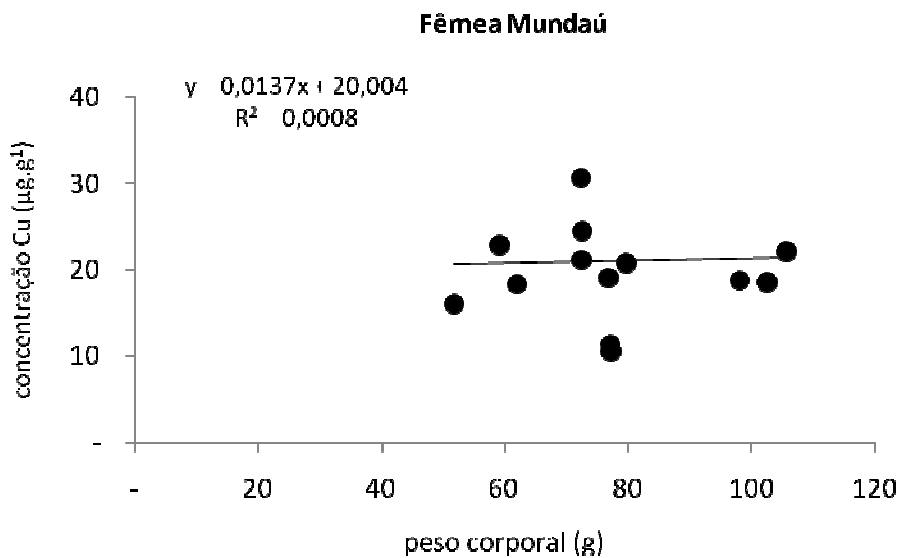
Virga, R. H. P.; Geraldo, L. P. (2008) Investigaçãõ dos teores de metais pesados em espécies de siris azuis do gênero *Callinectes* sp. Ciência e Tecnologia de alimentos. Campinas. 28 (4): 1-948.

Walker, C. R.; Hopkin, S. P.; Sibly, R. M.; Peakall, D. B. (1996) Principles of Ecotoxicology. Taylor & Francis Ltda, 321.

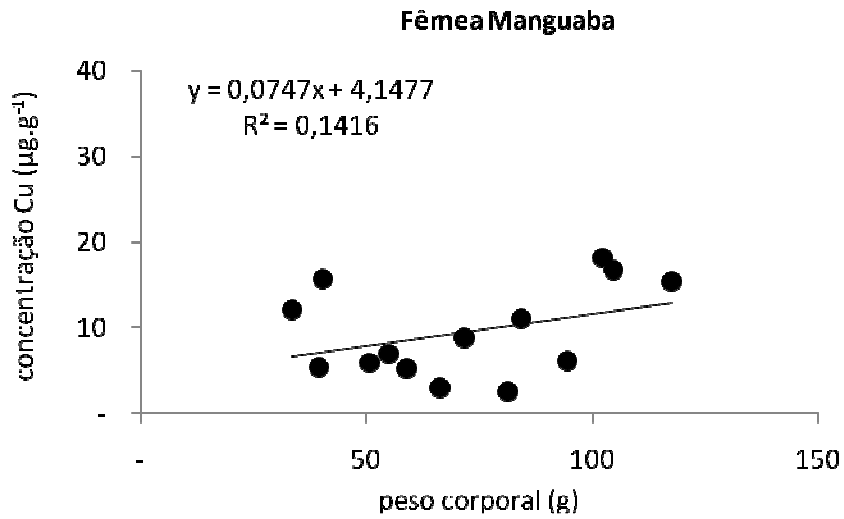
## 10. Apêndice:



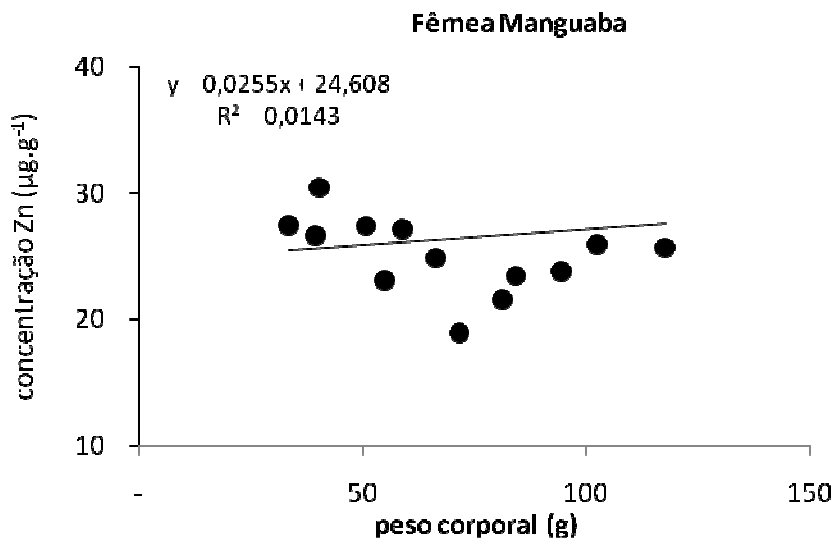
**Figura 15.** Concentração de zinco em relação ao peso corporal em fêmeas de siri azul na lagoa Mundaú.



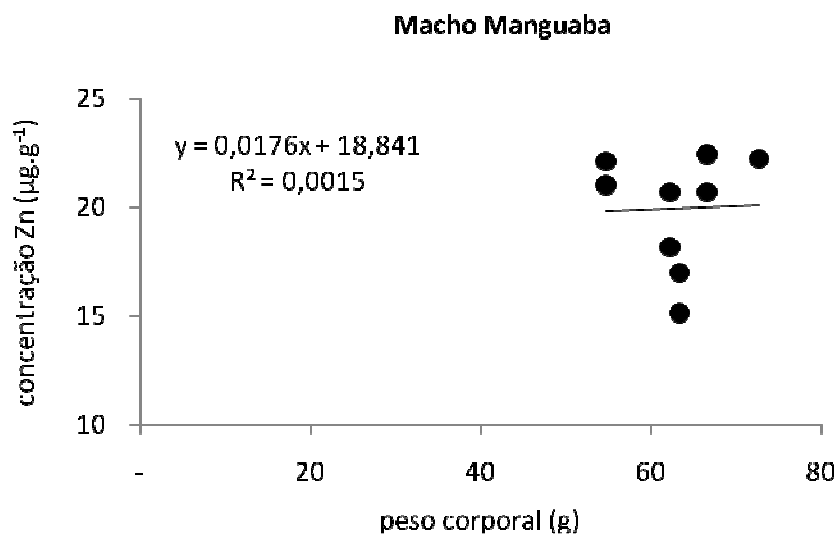
**Figura 16.** Concentração de cobre em relação ao peso corporal em fêmeas de siri azul na lagoa Mundaú.



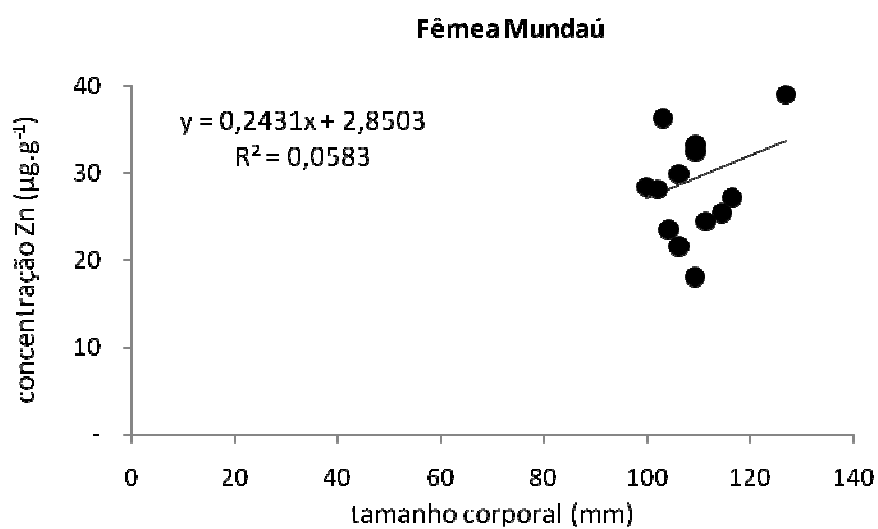
**Figura 17.** Concentração de cobre em relação ao peso corporal em fêmeas de siri azul na lagoa Manguaba.



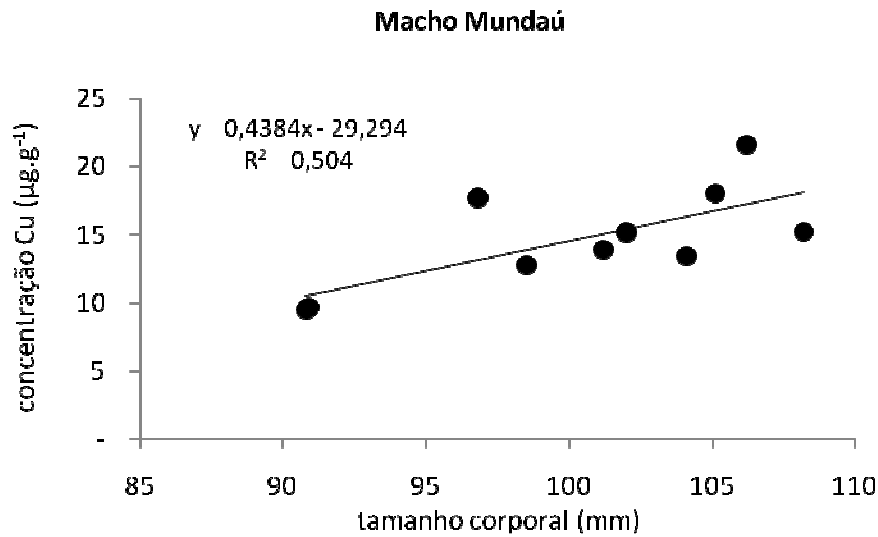
**Figura 18.** Concentração de zinco em relação ao peso corporal em fêmeas de siri azul na lagoa Manguaba.



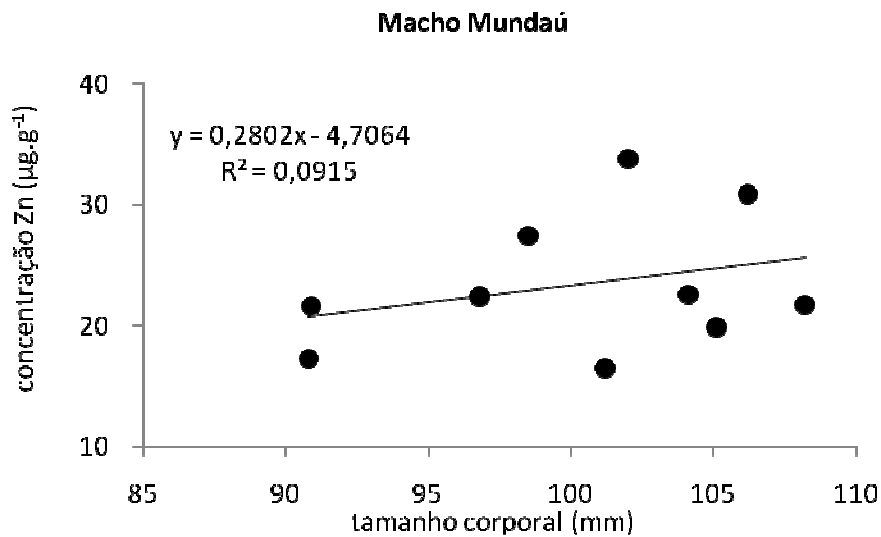
**Figura 19.** Concentração de zinco em relação ao peso corporal em machos de siri azul na lagoa Manguaba.



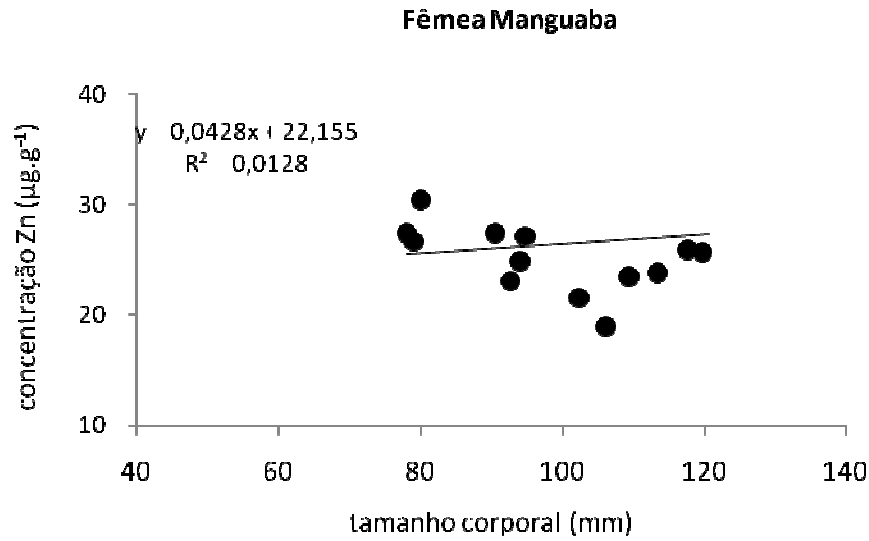
**Figura 20.** Concentração de zinco em relação ao tamanho corporal em fêmeas de siri azul na lagoa Mundaú.



**Figura 21.** Concentração de cobre em relação ao tamanho corporal em machos de sirí azul na lagoa Mundaú.



**Figura 22.** Concentração de zinco em relação ao tamanho corporal em machos de sirí azul na lagoa Mundaú.



**Figura 23.** Concentração de zinco em relação ao tamanho corporal em fêmeas de siri azul na lagoa Manguaba.