

1. Apresentação

Este estudo faz parte do projeto (POLCAMAR) intitulado “O Impacto de Poluentes na Monocultura de Cana de Açúcar em Estuários e Águas Costeiras do NE-E do Brasil: Transporte, Destino e Estratégias de Gerenciamento Sustentável” que está sendo realizado através de um acordo bilateral entre universidades do Brasil e Alemanha coordenados pelos professores Dr. Bastiaan Adriaan Knoppers (Geoquímica, UFF) e Dr. Wolfgang Baltzer (Universidade de Bremen) e financiamento do CNPq (Processo nº 590002/2005-8) e do BMBF. Esse estudo é também parte do Instituto Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação – Transferência de Materiais na Interface Continente-Oceano na Costa Leste-Nordeste do Brasil (proc. nº 573.601/2008-9).

2. Introdução

Um grande número de compostos químicos é utilizado no mundo. Nos anos oitenta, o total de compostos incluindo praguicidas, fármacos, aditivos alimentares e outros chegaram a 60.000 e cerca de 50 a 100 novos compostos eram criados todo ano. Com isso, naturalmente uma grande quantidade dessas substâncias é despejada no meio ambiente todos os dias (Fatorelli e Corseuil, 2004). Um dos principais ambientes afetados são os estuários que são bastante utilizados como locais de despejos de efluentes urbanos e industriais, acarretando a poluição das águas e da vida marinha com diversos tipos de poluentes.

O crescente aporte de poluentes, como por exemplo, resíduos de pesticidas e metais tóxicos, nas regiões estuarinas que sofrem impactos principalmente das atividades agrícolas, industriais e municipais, têm gerado, cada vez mais, sérias preocupações a nível global.

Pode-se verificar, mundialmente, o aumento nos níveis de contaminantes e essa constatação tem levado à formulação de estratégias para diminuir o impacto causado nesses ecossistemas. O grau de poluição desses ecossistemas pode colocar em risco a saúde das populações ribeirinhas que

utilizam essas águas tanto para a pesca quanto para o lazer (Maia *et al.*, 2006).

Os estuários são setores de ambiente marinho que apresentam as maiores variabilidades de efeitos e interações físicas, químicas e biológicas, e são fortemente influenciados pela geografia e pelos fluxos de maré. Eles constituem sistemas de interface localizados entre os rios e o oceano e são caracterizados por massas de água complexas, variação de salinidade, elevada carga de sedimento, química complexa e principalmente, pelas deformações provocadas no sistema pelas atividades humanas (Andrade *et al.*, 2006).

Essas regiões são de alta produtividade, e formam áreas de refúgio e crescimento para uma grande variedade de formas de vida, como peixes, crustáceos e moluscos de grande importância comercial. No entanto, os estuários são tão vulneráveis quanto são produtivos, e nas suas margens existe um grande número de cidades. Sendo assim, o homem retira dos estuários o alimento e contraditoriamente lança sobre esses ambientes despejos domésticos e industriais; além de usá-los como aterro para posterior urbanização. Dessa maneira, o duplo impacto de introduzir poluentes e depredar provoca uma grande tensão sobre o ecossistema do estuário (Andrade *et al.*, 2006).

Inúmeros episódios de contaminação de regiões costeiras, ocorridos no mundo todo, levaram muitos países a estabelecer extensos programas de monitoramento, que incluem análises de águas, sedimentos e organismos marinhos, considerando diversos contaminantes orgânicos e inorgânicos.

Dejetos orgânicos e inorgânicos são gerados a partir de diversas atividades antrópicas. Os orgânicos são degradados naturalmente ao longo do tempo, se em condições favoráveis. Os inorgânicos, principalmente os íons metálicos, não sofrem essa degradação e tendem a se acumular nos ecossistemas costeiros, tornando-se biodisponíveis (Melo, 2004). Assim, um dos principais problemas seria o aumento das concentrações de metais pesados nesse ecossistema.

Materiais e energia estão sempre sendo transportados na biosfera. No transporte, os compostos, orgânicos ou inorgânicos, contaminantes ou não, sofrem muitas alterações na quantidade (concentração), a qual pode diminuir ou aumentar ou sofrer transferência de fase, e na qualidade, sofre alterações

moleculares em função de alguns processos (Figura 1), por exemplo, a degradação e as múltiplas reações químicas de que os mesmos participam, podendo aumentar, diminuir, ou mesmo ativar ou inativar seu poder tóxico (Zagato & Bertolotti, 2006).

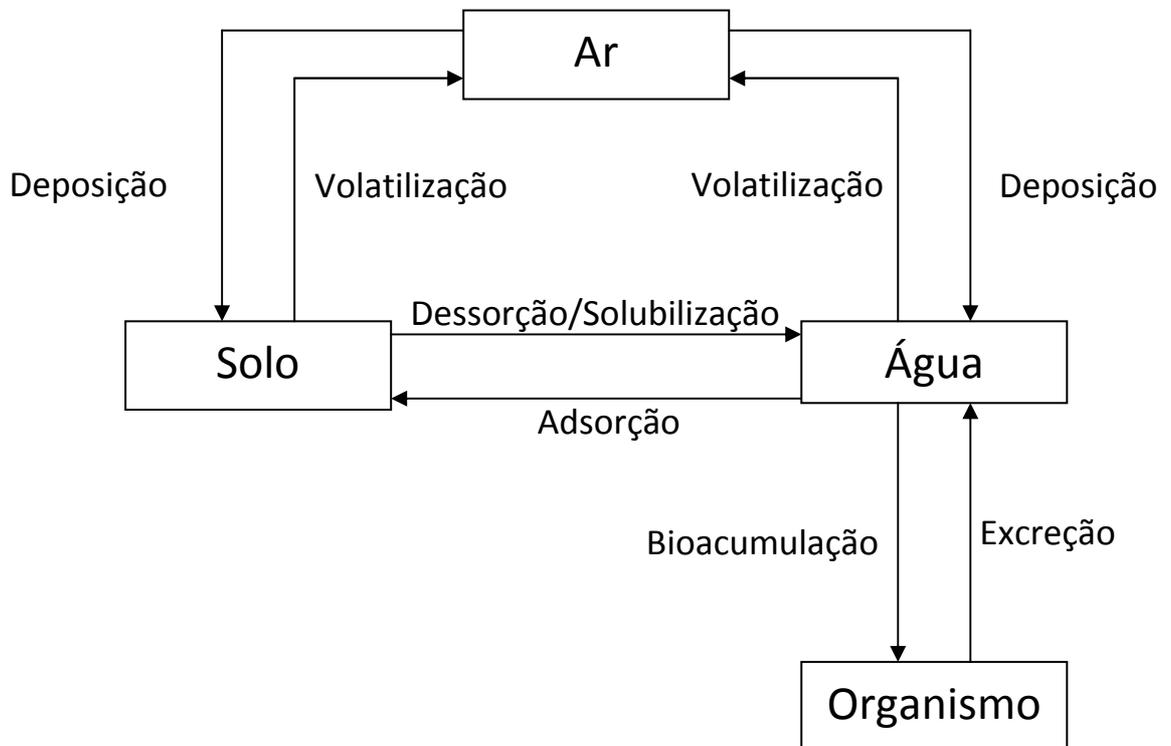


Figura 1: Esquema dos principais processos na ciclagem dos metais pesados em algumas matrizes.

As análises de água e sedimentos são importantes para avaliação da contaminação ambiental por metais pesados em sistemas fluviais, porém não fornecem dados reais sobre a disponibilidade dos elementos aos organismos aquáticos. Assim, torna-se necessário correlacionar os poluentes químicos, o ambiente onde estes poluentes se encontram e são liberados, bem como a biota presente no ecossistema a ser analisado (Guimarães & Sígolo, 2008).

Data da década de 60, o emprego da biota para pesquisas de monitoramento ambiental e foi utilizada na tentativa de quantificar a contaminação das águas da Califórnia. Atualmente, a biota tornou-se uma importante ferramenta em programas de monitoramento ambiental, uma vez que a biodisponibilidade é medida diretamente, sem suposições, como ocorre

em outros métodos analíticos (Guimarães & Sígolo, 2008).

A medida da capacidade que um elemento químico tem para ser absorvido pelos vivos é a sua biodisponibilidade, estando esta característica diretamente relacionada com a forma química deste composto no meio ambiente. A maior parte desses elementos pode ser transportada basicamente de dois modos: como espécies dissolvidas na água e/ou associadas às partículas sólidas (Guimarães & Sígolo, 2008).

Um organismo é um bioindicador quando contém informações sobre a qualidade do meio ambiente. Um organismo biomonitor é o que contém informações sobre os aspectos quantitativos e qualitativos sobre o meio ambiente (Markert *et al.*, 1999).

Os moluscos são considerados importantes monitores biológicos. Ostras, mexilhões e outros bivalves têm sido utilizados com sucesso como bioindicadores da presença de contaminantes, incluindo os metais traços, em ambientes aquáticos (Chagas-Spinelli *et al.*, 2006). Os moluscos bivalves têm sido amplamente usados na avaliação de metais pesados em ambiente aquáticos, por fornecerem informações exatas e integradas sobre o impacto ambiental e biodisponibilidade de tais elementos (Guimarães & Sígolo, 2008) e por serem filtradores e concentrarem poluentes presentes na água onde vivem (Pereira *et al.*, 2002). Além do mais, apresentam grande distribuição nos ecossistemas costeiros que são mais suscetíveis à poluição. Além de serem abundantes e de fácil coleta, são organismos sésseis podendo indicar a poluição de uma determinada área. Os moluscos bivalves também despertam grande interesse econômico por serem utilizados pelo homem como fonte de proteína (Azevedo 2003).

A forma mais comum de acúmulo de contaminantes nos tecidos de invertebrados marinhos é através do contato direto das partículas em suspensão na coluna de água com o tecido branquial ou através da assimilação deste como alimento (Chagas-Spinelli *et al.*, 2006). As concentrações de metais para as diferentes espécies da biota e para o homem podem tornar-se altamente tóxicas com os processos de bioacumulação e biomagnificação (Pereira *et al.*, 2002; Machado *et al.*, 2002).

Diversos fatores podem influenciar na concentração de metais pesados em molusco, tais como: estação do ano, concentração do contaminante no compartimento abiótico, localização do organismo na zona entre marés, classe de tamanho, diferentes taxas de absorção aos diferentes metais pelos organismos e características físico-químicas do seu habitat (Riget *et al.*, 1996).

O presente estudo foi realizado com o molusco da espécie, *Mytella charruana* (Orbigny, 1842), (figura 2) sendo esse bivalve da família Mytilidae, conhecido popularmente como Sururu no Nordeste brasileiro.

O *Mytella charruana* é caracterizado por possuir um proeminente ângulo dorsal (Figura 2). Ocorre junto às raízes da vegetação dos manguezais e na região entre marés de praias arenosas, principalmente próximas a afluentes de água doce. Sendo também encontrado em bancos de areia na região entre marés não consolidada, permanecendo com grande parte de suas conchas expostas. Fixam-se prendendo seus filamentos de bisso aos dos demais indivíduos que compõem o banco. A espécie é explorada comercialmente como alimento e constitui prato típico em determinadas regiões do nordeste brasileiro.



Figura 2. *Mytella charruana*, molusco conhecido popularmente como sururu no nordeste brasileiro (Fonte: Dr. T.C Jennerjahn e Internet)

No Oceano Atlântico a espécie *Mytella charruana* é encontrada no Suriname, Venezuela, Brasil, Uruguai e Argentina. Já no Oceano Pacífico é localizado no Oeste do México e Ilhas Galápagos (Rios, 1994).

Estes organismos têm sido amplamente utilizados no monitoramento de poluentes marinhos e como biomonitores de metais pesados (Marmolejo & Paez, 1990).

A maturidade sexual é atingida geralmente com comprimento de 30 mm a 35 mm (Coimbra, 2003). Entre os vários métodos empregados para melhor determinar a época reprodutiva de moluscos marinhos está o índice de condição que relaciona o peso da carne com o peso bruto dos organismos. As reservas de glicogênio necessárias à produção de gametas é o que proporciona o aspecto "gordo" aos moluscos (Marques, 1998). A reprodução de *M. charruana* é caracterizada por um ciclo contínuo através do ano, com picos dependentes de alguns fatores. (Coimbra, 2003).

Um fator exógeno importante que influencia diretamente a maturação sexual de organismos marinhos é a temperatura. Esta característica foi registrada especialmente em organismos que habitam regiões tropicais onde a gametogênese ocorre ao longo de todo o ano com picos de desova anual, coincidindo com o pico de elevação da temperatura na primavera (Boehs, 2000).

O *M. charruana* é predominante entre os moluscos do material biodetrítico do Complexo Esturiano-Lagunar Mundau-Manguaba/AL, (CELMM/AL), local de coleta das amostras, chegando a representar 80% na fração cascalho. Está distribuído principalmente na parte sul da laguna de Mundaú, nos canais, principalmente o externo que circunda a ilha de Santa Rita e, próximo às coroas de fundo (Calado & Sousa, 2003).

3. Justificativa

A presença de metais pesados em altas concentrações no organismo estudado pode indicar que existe a possibilidade de comprometimento da integridade ambiental do ecossistema (Laguna de Mundaú) oferecendo assim um potencial risco de contaminação da população local, que utilizam este ecossistema para o lazer e pesca, no qual o sururu é um dos principais produtos tanto para o comércio quanto para o consumo próprio.

Dessa forma, um estudo de contaminação é de grande importância para região tanto do ponto de vista ambiental como do ponto de vista da saúde pública.

4. Objetivos

4.1- Objetivos gerais

Analisar o impacto ambiental na laguna Mundaú na cidade Maceió, Alagoas, através da determinação de metais pesados na biota presente neste ecossistema e estudar a dinâmica destes elementos quanto a sua biodisponibilidade em relação a sazonalidade e o tamanho da espécie.

4.2- Objetivos Específicos

Avaliar a variação das concentrações de metais pesados em relação à sazonalidade.

Verificar a possível existência de mudanças na concentração de metais pesados em diferentes tamanhos do espécime estudado correlacionando-os com parâmetros biológicos e ambientais.

Determinar a concentração de metais pesados no sururu, e verificar se estão dentro dos limites permitidos pela legislação brasileira.

5. Hipóteses

Espera-se encontrar diferenças sazonais quanto à concentração analisada na biota, pois nessa região o clima é bem definido, entre estação seca e chuvosa.

Assim nos períodos de seca a elevada concentração de metais de origem urbana e industriais é comum devido ao baixo índice pluviométrico, tendo em vista que não ocorre a diluição do volume dos dejetos de origem antrópica. No período chuvoso, quando a erosão do solo é mais intensa, é esperado um aumento na concentração de metais pesados presente no solo da

bacia de drenagem da região, bem como aqueles que fazem parte da composição de pesticidas usado da agricultura da região, tendo em vista a importância da monocultura de cana-de-açúcar na região.

Quanto à variação da concentração entre as classes de tamanho, espera-se obter concentrações mais elevadas em indivíduos maiores e conseqüentemente mais velhos, a razão para isto seria o fator bioacumulativo que algumas espécies apresentam para estes elementos.

Os valores de concentração no sururu *Mytella charruana* podem estar acima do limite permitido para o consumo humano, tendo em vista, que a região é bastante afetada por fatores antrópicos como, por exemplo, esgoto urbano, dejetos industriais e a agroindústria.

6. Material e Métodos

6.1 Área de Estudo

A área de estudo foi a laguna de Mundaú (Figura 3), situados ao sul da cidade de Maceió, capital do Estado de Alagoas no nordeste do Brasil, entre as coordenadas geográficas de 35°42'30" – 35°57'30" W e 9°35'00" – 9°45'00" S, banhando os municípios de Maceió, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco.

A laguna de Mundaú faz parte de um complexo que possui uma área aproximadamente de 50 km², sendo constituído pelas lagunas de Mundaú e Manguaba. Estas lagunas são interligadas por uma série de canais que convergem para uma única desembocadura (Calado e Sousa, 2003; Teixeira e Sá, 1998).

Os principais rios que fazem parte da composição do CELMM/AL (Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba) são: Mundaú, Paraíba do Meio e o Sumaúma Grande; o primeiro desaguando na lagoa de Mundaú e os dois últimos na Manguaba (Calado & Sousa, 2003). Os canais das lagoas de Mundaú e Manguaba se encontram sobre os sedimentos da Bacia Sergipe/Alagoas (Wanderley *et al.* 1993).

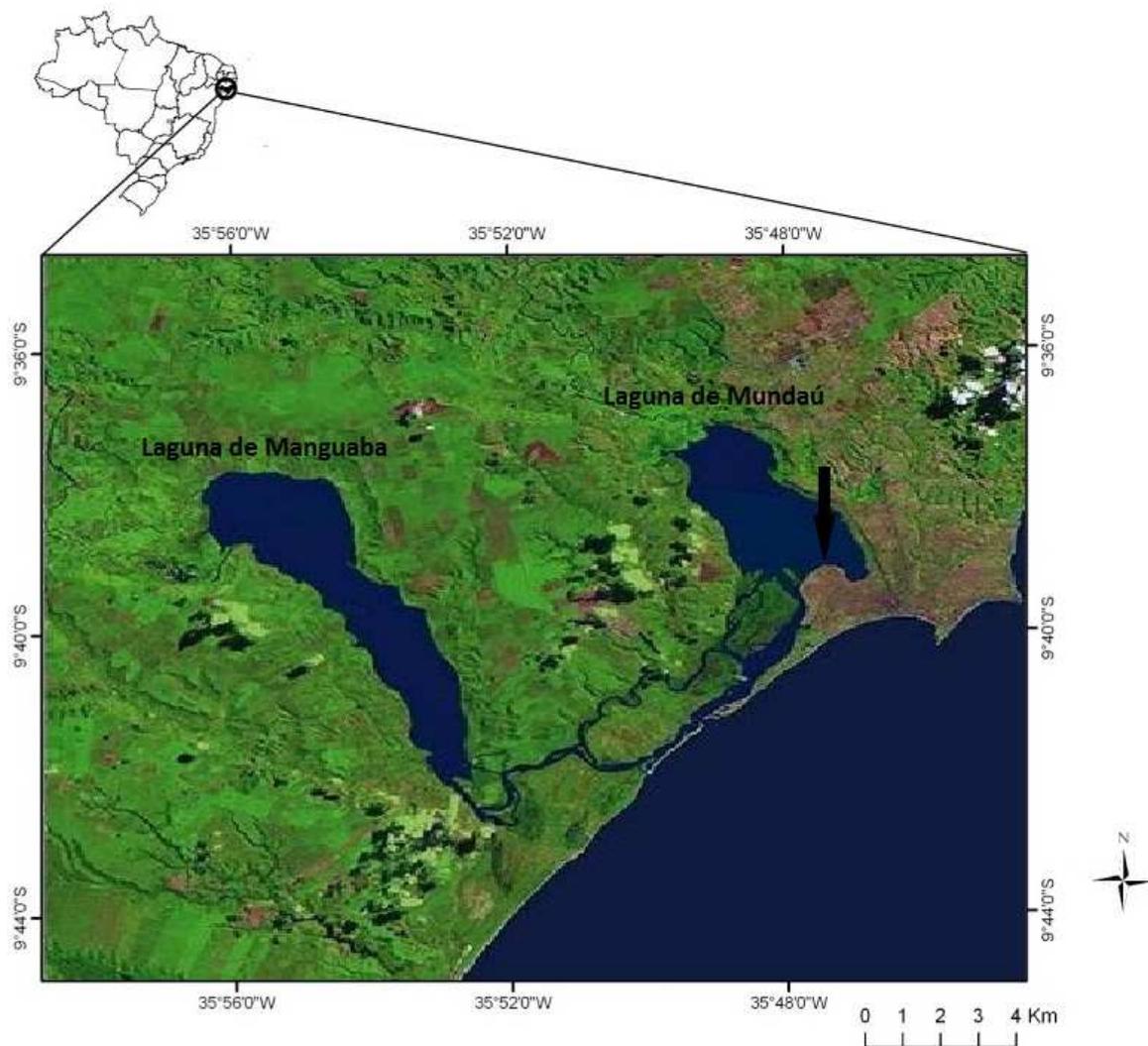


Figura 3. Laguna de Mundaú, Maceió, AL. A seta representa o local de coleta das amostras.

Segundo Lima e Coutinho, (1998) e Santos, (1998) Mudanças geológicas e na dinâmica costeira provocaram um afogamento dos estuários dos rios Mundaú e Manguaba, originando assim lagunas e canais além das feições presentes hoje na planície costeira (terraços marinhos, recifes de coral e algas, arenito de praia, depósitos flúvio-lagunares, dunas fixas e depósitos de mangue e pântanos).

Segundo Alagoas (1980) o clima da região é tropical, onde se observa duas estações bem definidas (figura 4). A estação chuvosa que se estende dos meses de março a agosto, sendo geralmente o período mais intenso de chuvas

entre maio e julho. Já a estiagem ocorre entre os meses de setembro a fevereiro (Calado & Sousa, 2003).

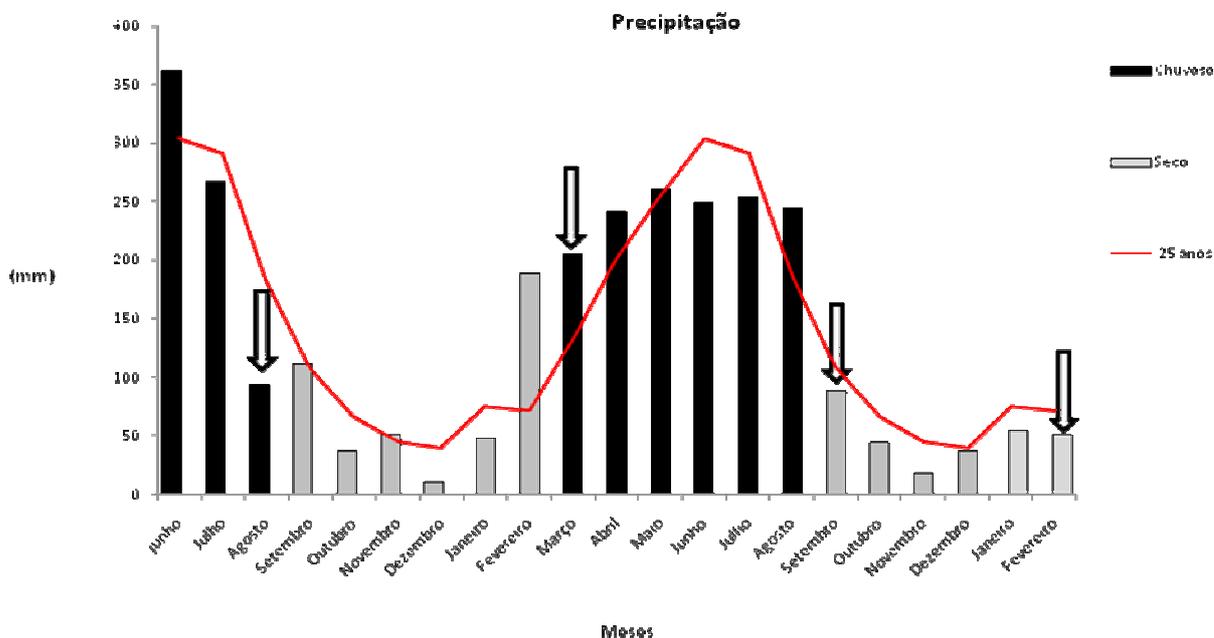


Figura 4. Precipitação mensal de Maceió – AL nos anos de 2006, 2007 e 2008 (estações estudadas) e a média mensal nos últimos 25 anos contando 2008 (NATT/CRPAAA Elaboração: Depto. Técnico SINDAÇUCAR-AL). As setas indicam os meses das coletas.

Entre março e agosto as chuvas já chegaram a alcançar 73% do total e entre setembro e fevereiro atingem apenas 27%, sendo esse regime pluviométrico estacional caracterizado por outono-inverno chuvoso e verão seco com raras precipitações é típico de regiões de baixa latitude (Wanderley, 1993).

O CELMM/AL é de grande importância sobre o ponto de vista sócio-econômico, tendo uma intensa atividade pesqueira tradicional (Marques 1991). Sendo o sururu (*M. charruana*) o principal recurso explorado nesse ecossistema (Figura 5), assim um grande contingente populacional, em especial os moradores que vivem às margens da lagoa Mundaú dependem da exploração desse molusco, tanto para sua subsistência quanto para comercialização (Leahy, 1994).



Figura 5. Exploração do molusco (*M.charruana*) pela população local (Foto Dr. T.C Jennerjahn).

Essa região é referida por Marques (1991) como um “eco complexo mutiestressado”, pois se somam ao estresse natural, inerente aos ecossistemas estuarinos, grupos de estresse antropogênicos, como por exemplo, a formação de favelas às margens da lagoa, agroindústria, turismo e outras diversas atividades industriais que também são desenvolvidas na região, como fabricação de papel e celulose, fertilizantes, fiação e tecelagem, fumo e indústria química e de alimentos (Santos, 1980; Marques, 1991).

A agroindústria tem grande importância em relação à área estudada, devido principalmente à cultura de cana-de-açúcar, já que o estado de Alagoas é o segundo maior produtor de cana-de-açúcar nacional, com isso, os agrotóxicos e fertilizantes utilizados nesta atividade agrícola são transportados pelos rios, atingindo às lagoas da região. Somando-se a este impacto os

resíduos industriais, lixo, e esgoto doméstico de nove municípios que também atingem a laguna estudada (Leahy 1994).

6.2 Coletas e preparo das amostras

Foram realizadas quatro coletas, duas representando a estação chuvosa, agosto de 2006 e setembro de 2007 e as demais referentes ao período de seca, realizadas em março de 2007 e fevereiro de 2008.

Os espécimes foram comprados diretamente de pescadores locais, que retiram esse molusco do sedimento. Após a coleta, as amostras foram colocadas em sacos plásticos e armazenadas em isopor com gelo para finalmente ser encaminhadas ao laboratório onde foram mantidas em um freezer (-18° C) até a análise das mesmas.

No laboratório os espécimes foram separados em classes de tamanhos (pequeno, médio e grande). A classificação ocorre de acordo com o comprimento do indivíduo, os espécimes com tamanho entre 0 a 20 mm estão dentro da classe nomeada como pequeno, na classe de tamanho médio estão os animais com comprimento entre 20 a 30 mm, acima desse tamanho os sururus são classificados como grandes.

Depois de descongelado, o molusco foi dissecado para a retirada da parte mole, então os indivíduos referentes a cada classe de tamanho foram separados em diferentes placas de petri, e essas levadas à estufa de circulação a uma temperatura de 60°C onde permaneceram durante 48 horas para a secagem do material. Após a secagem, a amostra foi macerada manualmente com o uso de um pistilo e gral de porcelana até a obtenção de um particulado bem fino (amostra composta).

Em seguida, as amostras foram pesadas e separadas (1,000 g) em triplicatas de cada classe de tamanho com o auxílio de uma balança digital, sendo posteriormente acondicionadas em tubos de ensaio.

Os tubos foram então levados à capela para a realização do protocolo de extração do mercúrio total e dos outros metais (Zn, Pb, Cr, Cu, Ni) das amostras.

O procedimento de extração química de mercúrio total em amostras descrita por Bastos *et al.*, (1998) segue o seguinte protocolo:

Nas alíquotas de 1g de tecido muscular do molusco adicionou-se 1mL de H₂O₂ 30% (em gelo) e em seguida adicionou-se 3 mL, em etapas de 1 mL, de uma solução H₂SO₄(conc) : HNO₃(conc) (1:1) . Após essa etapa os tubos foram para o bloco digestor a 60 °C até completa solubilização. Logo se adicionou 5 mL de KMnO₄ 5% e aqueceu-se à 60 °C em bloco digestor por 30 minutos. Após o resfriamento, as amostras foram tituladas com solução de cloreto de hidroxilamina 12% até o ponto de viragem e então filtradas. O volume foi aferido a 20 mL utilizando água desmineralizada.

Testes de precisão e de acuracidade foram realizados através da determinação em amostra padrão de referência de peixe – DORM 2 – (tecido muscular do Dogfish *Squalus sp*) fornecida pela Marine Analytical Chemistry Standarts Programs, Canadá. Para tais testes foram aceitos coeficiente de variação menor que 10%. Além disso, para verificação de possíveis contaminações, foram analisados brancos para cada grupo de dez amostras (tabela 1).

Todas as determinações de mercúrio em amostras de tecido muscular foram realizadas por ICP-AES da Varian (modelo Liberty II) com acessório de geração de vapor frio (VGA-77).

Já para a extração de metais totais, a metodologia descrita por Paez-Osuna *et al.*, (1995) segue a seguinte protocolo:

É adicionado 10mL de HNO₃ concentrado em cada tubo de ensaio contendo a amostra. Após a solubilização, as amostras foram levadas para o bloco digestor de sistema aberto em capela e aquecidas à cerca de 150°C até quase atingir a secura total das amostras. Em seguida as amostras foram ressuspensas em HNO₃ 0,5N e então filtrada em Filtro Watman nº 41, obtendo cada uma, um volume final de 20 ml. Para verificação de possíveis contaminações, foram analisados quatro brancos.

Para determinação das concentrações dos metais (Zn, Pb, Cr, Cu, Ni) nas amostras foi utilizado o espectrofotômetro de emissão atômica com plasma induzido (ICP-AES da Varian, modelo Liberty II).

Tabela 1: Limites de detecção (L.D) do método e recuperação para cada metal pesado estudado.

	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn	Hg
L.D. ($\mu\text{g. g}^{-1}$)	0,7	0,8	0,3	0,7	0,3	18 (ng.g^{-1})
Recuperação (%)	84	93	-	102	88	95

6.3 Determinações da umidade

Visando uma posterior comparação com os valores da legislação brasileira foi necessário determinar a porcentagem da umidade dos indivíduos, tendo em vista, as concentrações médias permitida para consumo humano de acordo com a ANVISA (Agencia Nacional de Vigilância Sanitária) está em peso úmido.

A determinação da umidade foi feita segundo o método descrito no compêndio de normas analíticas do Instituto Adolf Luts (2005). Pesou-se cerca de 5g de cada amostra em placa de petri, previamente limpas e taradas, foram levadas à estufa na temperatura de 60 °C, mantidas por 48 horas. As operações de aquecimento e resfriamento das amostras foram repetidas até que se obtivesse peso constante.

O cálculo do teor de umidade foi feito como o descrito a seguir: (peso da placa + peso da amostra) – (peso da placa + peso do resíduo seco) = peso da umidade perdida.

Para o cálculo do percentual de umidade na amostra foi feito o seguinte: peso da umidade perdida x 100 / peso inicial da amostra. O valor de umidade obtido por esse procedimento foi utilizado posteriormente para o cálculo da conversão dos resultados obtidos nas amostras secas para peso úmido.

6.4 Análises Estatísticas

Para análise de uma possível diferença significativa entre as estações amostradas foi utilizado o ANOVA one-way e a posteriori o teste de Tukey. Assim como, a diferença significativa entre as classes de tamanho do espécime. O programa estatístico utilizado para esta análise foi o STATISTICA versão 5.0. A significância foi testada ao nível de 5% ($p < 0,05$).

6.5 Parâmetros físico-químicos.

Os dados sobre parâmetros físico-químicos da laguna de Mundaú se encontram na tabela X. Essas medições foram cedidas pelo Departamento de Geoquímica da Universidade Federal Fluminense através do professor doutor Bastiaan Adrian Knoppers, um dos coordenadores do projeto que engloba este trabalho.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos da Laguna de Mundaú.

Amostragem	Prof. (m)	Temp (°C)	Sal	pH	OD (%)
Ago/06	1,71 (\pm 0,5)	25,98 (\pm 0,1)	2,1 (\pm 2,4)	8,86 (\pm 4,0)	89,04(\pm 4,0)
Mar/07	-	29,62 (\pm 0,8)	2,95 (\pm 2,1)	-	65,22(\pm 16,6)
Set/07	2,08 (\pm 0,1)	28,93 (\pm 1,8)	3,20 (\pm 1,1)	8,78 (\pm 0,4)	-
Fev/08	1,5 (\pm 1,0)	30,0 (\pm 0,7)	13,96 (\pm 5,5)	8,13 (\pm 0,5)	-

7. Resultados

Para o chumbo e o níquel as concentrações detectadas pelo equipamento nos períodos de setembro de 2007 (chuvoso) e fevereiro de 2008 (seco) ficaram abaixo do limite de detecção do método.

7.1 Mercúrio

7.1.1 Variação sazonal

De acordo com o tratamento estatístico, não foi observado diferenças sazonais significativas entre as concentrações médias de mercúrio nas amostras de *Mytella charruana* (figura 6).

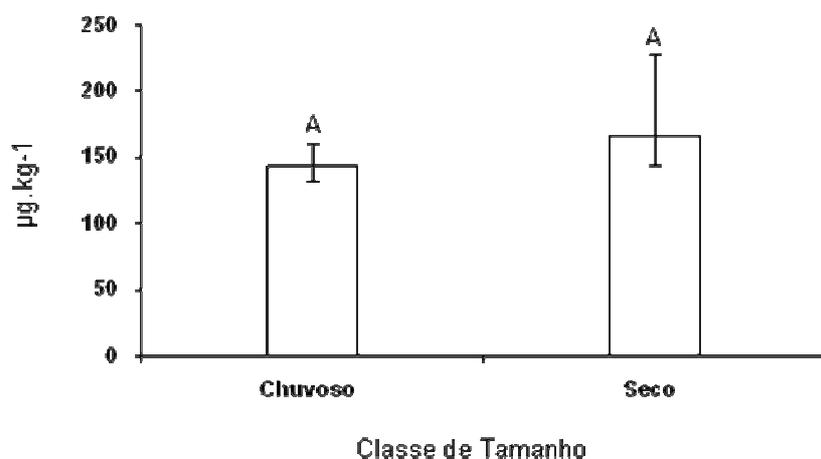


Figura 6. Concentração média de mercúrio total em *Mytella charruana* da laguna de Mundaú para as duas estações estudadas. Letras iguais representam que não existe diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para a comparação de médias.

Na estação chuvosa a concentração média de mercúrio foi menor ($144,1 \mu\text{g.Kg}^{-1} \pm 16,8 \mu\text{g.Kg}^{-1}$) do que o valor encontrado no período de seca, neste período o valor da concentração foi de $165,8 \mu\text{g.Kg}^{-1} \pm 62,2 \mu\text{g.Kg}^{-1}$.

7.1.2 Variação entre as classes de tamanho

Diferença significativa pode ser observada entre as classes de tamanho em ambas as estações. No período chuvoso nota-se que a concentração encontrada na classe que contém indivíduos de comprimento médio se diferencia das demais (Figura 7).

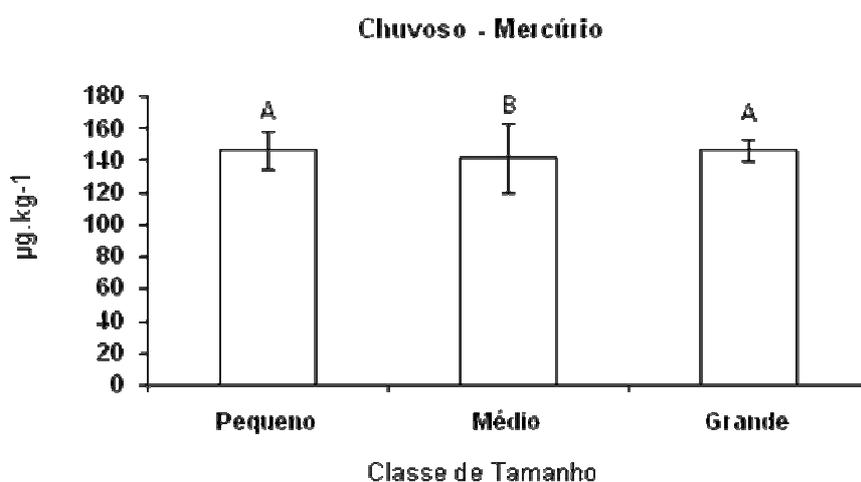


Figura 7. Concentração média de mercúrio total de *M. charruana* da Laguna de Mundaú para cada classe de tamanho referente à estação chuvosa. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

O maior valor detectado para o mercúrio no período chuvoso se encontra na classe onde estão os maiores indivíduos, já a classe de tamanho nomeada como médio, obteve a menor concentração de mercúrio total (Tabela 3).

Tabela 3. Concentração média e desvio padrão ($\mu\text{g.Kg}^{-1}$) de mercúrio total nas classes de tamanho de *M. charruana* da laguna de Mundaú no período chuvoso.

Classes de Tamanho	Chuvoso	Desvio Padrão
Pequeno	146,4	11,5
Médio	141,8	21,5
Grande	146,8	6,9
Média	144,1	-
Desvio padrão	16,8	-

Na estação seca, devido à insuficiência de massa amostral não foi possível analisar a classe representada pelos indivíduos juvenis (pequenos), no entanto, as classes de tamanho grande e médio tiveram suas concentrações de mercúrio detectadas, e assim, pode-se notar que existe diferença significativa entre as suas médias.

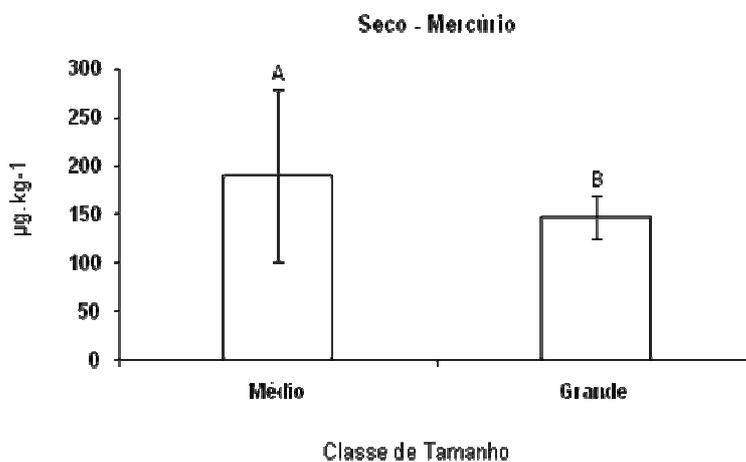


Figura 8. Concentração média de mercúrio total de *M. charruana* da Laguna de Mundaú para cada classe de tamanho referente à estação seca. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

Os valores analisados para as classes de tamanho podem ser visualizadas na tabela 4. Assim podemos notar que o valor mais elevado de concentração para o período seco se encontra na classe de tamanho médio.

Tabela 4. Concentração média e desvio padrão ($\mu\text{g.Kg}^{-1}$) de mercúrio total nas classes de tamanho de *M. charruana* da laguna de Mundaú no período seco.

Classes de Tamanho	Seco	Desvio Padrão
Pequeno	-	-
Médio	189,6	88,7
Grande	148,0	22,3
Média	165,8	-
Desvio padrão	62,2	

7.2 Cromo

7.2.1 Variação sazonal

A concentração média de cromo no período chuvoso foi de $4,8 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 5,6 \mu\text{g.g}^{-1}$, valor este acima da média encontrada no período seco que foi $3,4 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 1,1 \mu\text{g.g}^{-1}$, mesmo assim não foi possível detectar diferença significativa quanto a sazonalidade da concentração do cromo (figura 9).

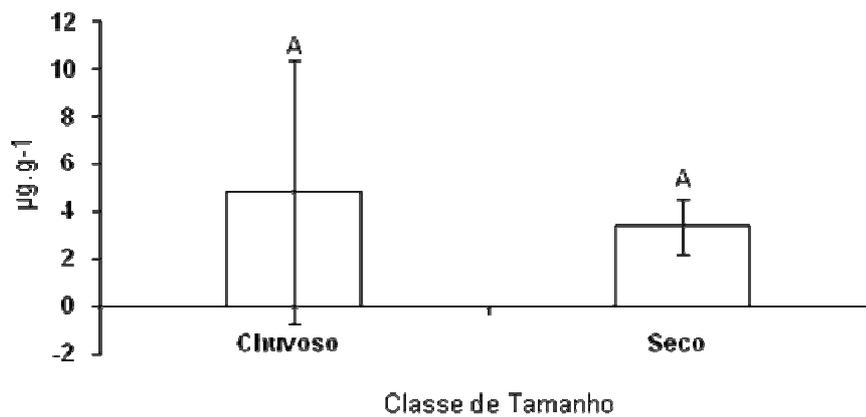


Figura 9. Concentração média de cromo em *Mytella charruana* da laguna de Mundaú para as duas estações estudadas. Letras iguais representam que não existe diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para a comparação de médias.

7.2.2 Variação entre as classes de tamanho

Entre as classes de tamanho foi possível verificar a ocorrência de diferenças significativas entre as concentrações tanto no período chuvoso quanto no seco (figuras 10 e 11).

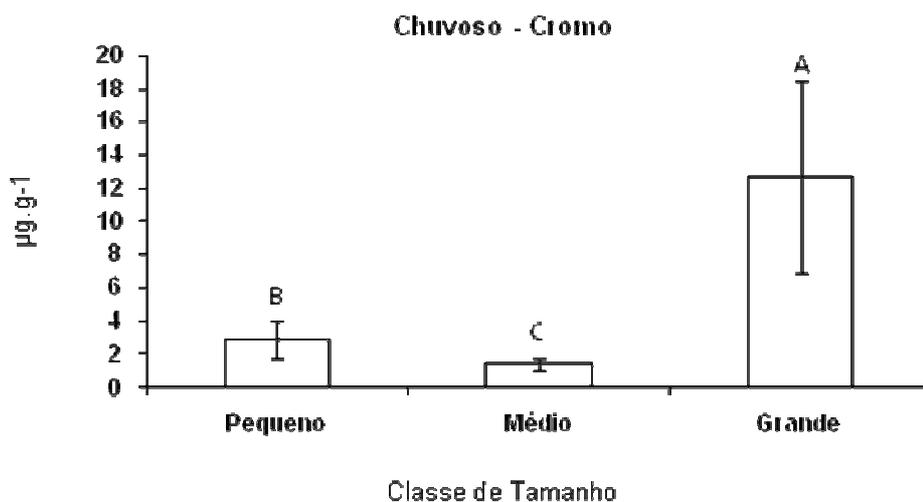


Figura 10. Concentração média de cromo total de *M. charruana* da Laguna de Mundaú para cada classe de tamanho referente à estação chuvosa. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

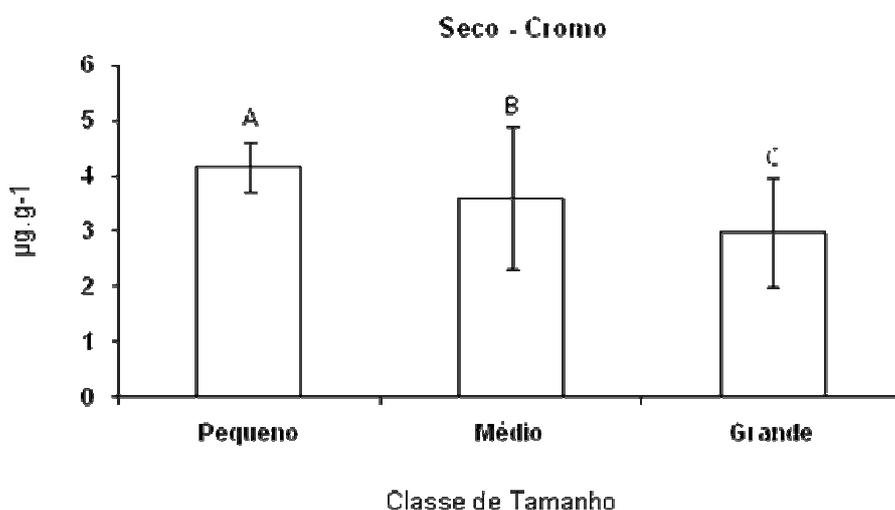


Figura 11. Concentração média de cromo total de *M. charruana* da Laguna de Mundaú para cada classe de tamanho referente à estação seca. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

A maior concentração detectada foi verificada nos indivíduos inseridos na classe de tamanho grande no período chuvoso, com o valor de $12,7 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 5,8 \mu\text{g.g}^{-1}$ e a menor concentração foi de $1,4 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,3 \mu\text{g.g}^{-1}$ referente a classe médio do mesmo período citado anteriormente (tabela 5).

Tabela 5. Concentração média e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de cromo nas classes de tamanho de *M. charruana* da laguna de Mundaú no período chuvoso.

Classes de Tamanho	Chuvoso	Desvio Padrão
Pequeno	2,9	1,1
Médio	1,4	0,3
Grande	12,7	5,8
Média	4,8	
Desvio padrão	5,6	

No período seco, as concentrações de cromo seguiram uma distribuição onde os indivíduos de menor comprimento apresentaram a maior concentração e estas vão decrescendo com o aumento do tamanho do organismo estudado (tabela 6).

Tabela 6. Concentração média e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de cromo nas classes de tamanho de *M. charruana* da laguna de Mundaú no período seco.

Classes de Tamanho	Seco	Desvio Padrão
Pequeno	4,2	0,4
Médio	3,6	1,3
Grande	3,0	1,0
Média	3,4	
Desvio padrão	1,1	

7.3 Zinco

7.3.1 Variação sazonal

Considerando a sazonalidade do zinco notamos na figura 12 que o período chuvoso apresentou concentração média maior que o período seco com os valores $52,8 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 9,3 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $47,0 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 7,4 \mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente.

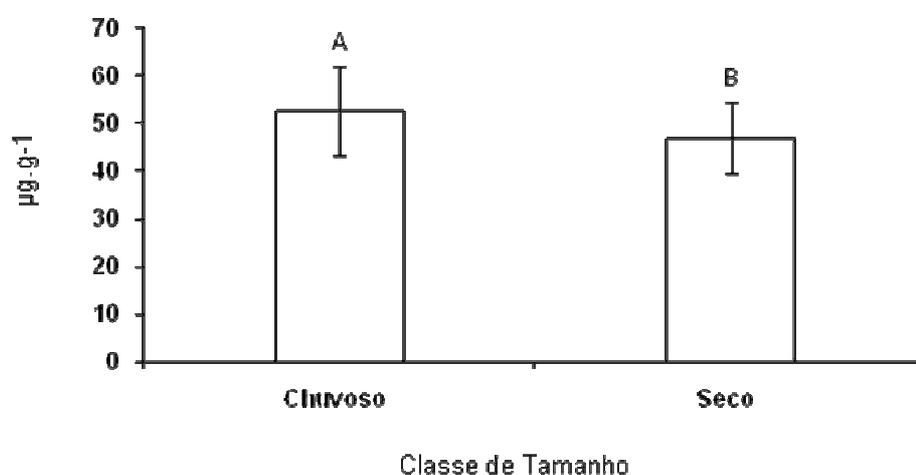


Figura 12. Concentração média de zinco em *Mytella charruana* da laguna de Mundaú para as duas estações estudadas. Letras iguais representam que não existe diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para a comparação de médias.

Através do tratamento estatístico foi possível verificar a ocorrência de diferença significativa entre as concentrações médias da estação chuvosa e seca (figura 12).

7.3.2 Variação entre as classes de tamanho

No período chuvoso os indivíduos juvenis (classe pequeno) apresentaram as maiores concentrações, já as menores concentrações médias

ficaram por conta da classe grande, apresentando uma relação inversa entre tamanho dos indivíduos e a concentração de zinco (tabela 7).

Tabela 7. Concentração média e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de zinco nas classes de tamanho de *M. charruana* da laguna de Mundaú no período chuvoso.

Classes de Tamanho	Chuvoso	Desvio Padrão
Pequeno	58,6	10,3
Médio	51,9	7,7
Grande	46,8	6,6
Média	52,8	
Desvio padrão	9,3	

Na figura 13 pode-se observar que na estação chuvosa todas as classes de tamanho analisadas apresentaram diferenças significativas com relação às concentrações médias de zinco.

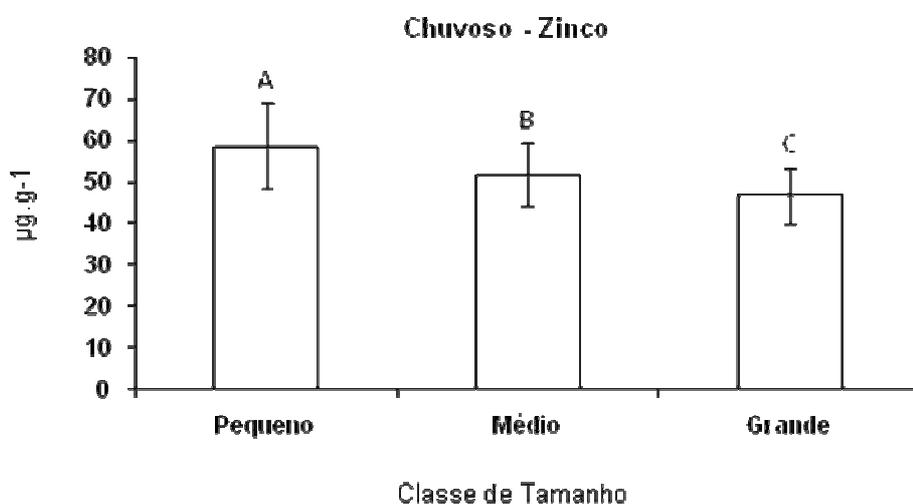


Figura 13. Concentração média de zinco total de *M. charruana* da Laguna de Mundaú para cada classe de tamanho referente à estação chuvosa. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

Na estação seca, diferente do observado no período chuvoso, não ocorre correlação negativa entre o comprimento dos indivíduos e a concentração de zinco, assim, a maior concentração analisada foi encontrada na classe média e a menor na classe dos indivíduos juvenis, ou seja, pequeno (tabela 8).

Tabela 8. Concentração média e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de zinco nas classes de tamanho de *M. charruana* da laguna de Mundaú no período seco.

Classes de Tamanho	Seco	Desvio Padrão
Pequeno	44,6	1,9
Médio	48,0	8,7
Grande	46,5	7,1
Média	47,0	
Desvio padrão	7,4	

Da mesma forma como ocorreu no período chuvoso, no período seco todas as classes de tamanho apresentaram diferenças significativa entre as suas concentrações médias de zinco (figura 14).

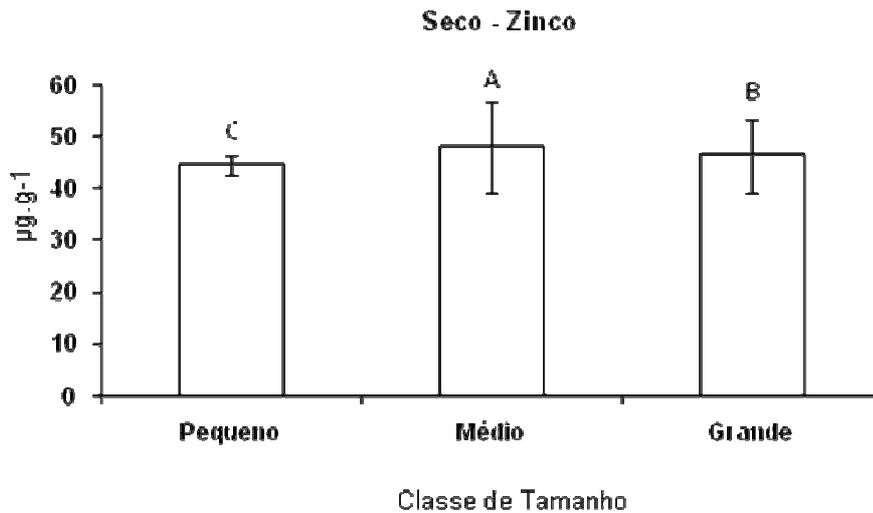


Figura 14. Concentração média de zinco total de *M. charruana* da Laguna de Mundaú para cada classe de tamanho referente à estação seca. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

7.4 Cobre

7.4.1 Variação sazonal

Verifica-se na tabela 15 a existência de diferença significativa na concentração sazonal de cobre, onde podemos observar o valor da concentração cobre no período chuvoso atingindo $8,6 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 1,1 \mu\text{g.g}^{-1}$ e no período seco chegando à $7,5 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,9 \mu\text{g.g}^{-1}$.

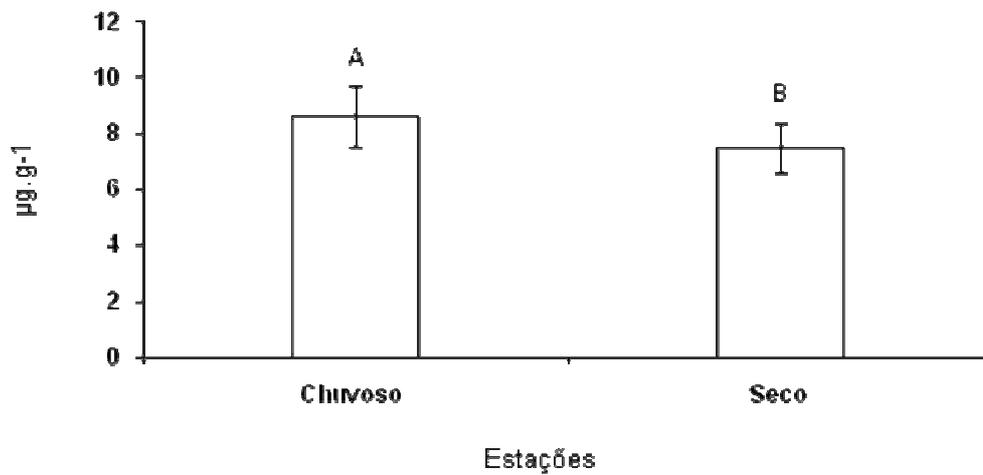


Figura 15. Concentração média de cobre em *Mytella charruana* da laguna de Mundaú para as duas estações estudadas. Letras iguais representam que não existe diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para a comparação de médias.

7.4.2 Variação entre as classes de tamanho

As concentrações de cobre analisadas entre as classes de tamanho na estação chuvosa apresentam diferenças significativas como pode ser observado na figura 16.

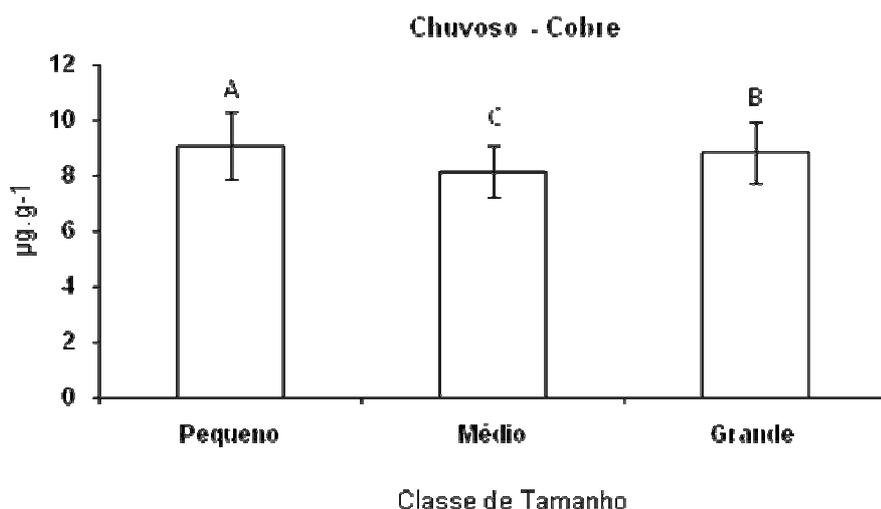


Figura 16. Concentração média de cobre total de *M. charruana* da Laguna de Mundaú para cada classe de tamanho referente à estação chuvosa. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

Os valores das concentrações referentes às classes de tamanho estudada neste período são apresentados na tabela 9. Assim podemos visualizar que a maior concentração encontrada foi de $9,1 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 1,1 \mu\text{g.g}^{-1}$ na classe de tamanho que representa os indivíduos juvenis (pequeno), já a menor concentração foi observada na classe de tamanho médio ($8,2 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,9 \mu\text{g.g}^{-1}$).

Tabela 9. Concentração média e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de cobre nas classes de tamanho de *M. charruana* da laguna de Mundaú no período chuvoso.

Classes de Tamanho	Chuvoso	Desvio Padrão
Pequeno	9,1	1,2
Médio	8,2	0,9
Grande	8,8	1,1
Média	8,6	
Desvio padrão	1,1	

Na estação seca as classes de tamanho pequeno e grande não apresentaram diferenças significativas entre elas, no entanto, a classe de tamanho médio apresentou diferença significativa quando sua concentração de cobre é comparada com as concentrações das demais classes estudadas (figura 17).

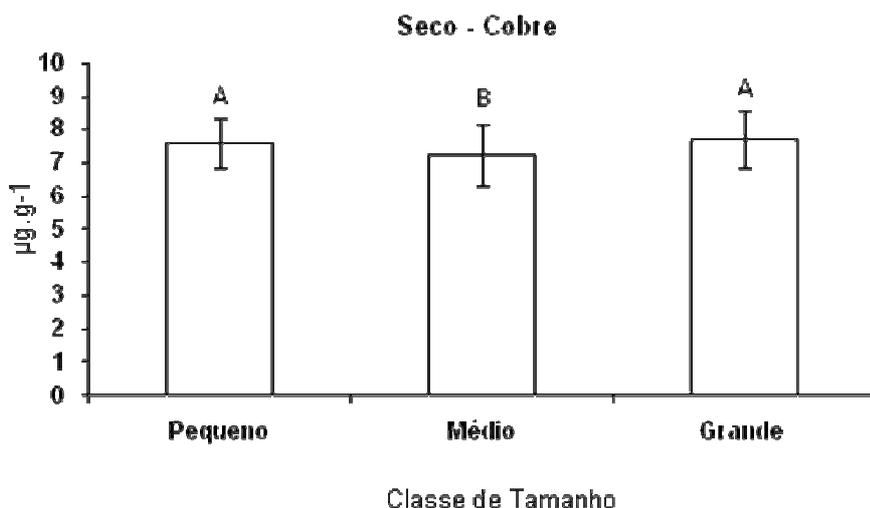


Figura 17. Concentração média de cobre total de *M. charruana* da Laguna de Mundaú para cada classe de tamanho referente à estação seca. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

A classe que representa os indivíduos de tamanho intermediário apresentou a menor concentração, já a maior concentração de cobre medido neste período foi referente à classe de tamanho grande (tabela 10).

Tabela 10. Concentração média e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de cobre nas classes de tamanho de *M. charruana* da laguna de Mundaú no período seco.

Classes de Tamanho	Seco	Desvio Padrão
Pequeno	7,6	0,8
Médio	7,2	0,9
Grande	7,7	0,9
Média	7,5	
Desvio padrão	0,9	

7.5 Chumbo

7.5.1 Variação sazonal

A concentração de chumbo no período seco foi maior que a concentração do mesmo elemento no período chuvoso, com valores de $1,13 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,21 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $0,25 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,08 \mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente.

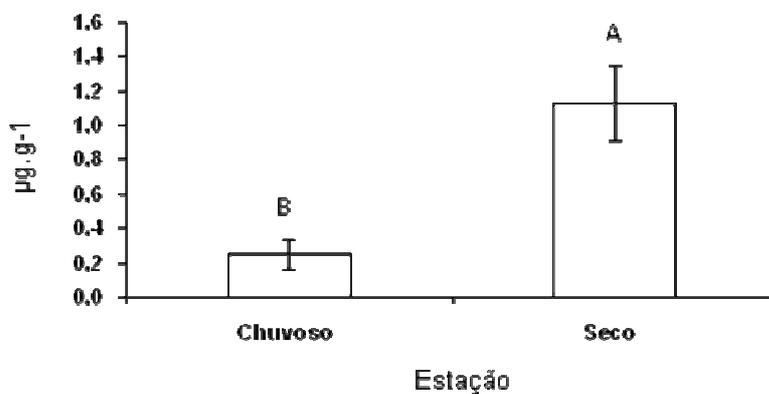


Figura 18. Concentração média de chumbo em *Mytella charruana* da laguna de Mundaú para as duas estações estudadas. Letras iguais representam que não existe diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para a comparação de médias.

Comparando as concentrações médias detectadas em cada estação pode-se perceber que existe diferença significativa entre elas como pode ser visto através da figura 18.

7.5.2 Variação entre as classes de tamanho

Com relação ao tamanho do organismo, apenas a classe médio apresentou diferença significativa da sua concentração quando comparado com as demais classes de tamanho (figura 19).

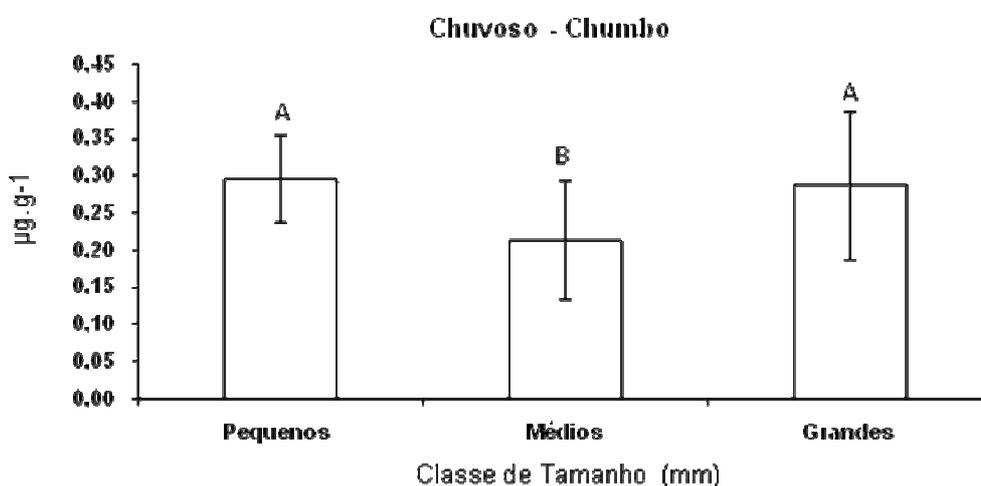


Figura 19. Concentração média de chumbo total de *M. charruana* da Laguna de Mundaú para cada classe de tamanho referente à estação chuvosa. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

Os indivíduos menores apresentaram a maior concentração de cobre do período chuvoso e a menor concentração pode ser visto na classe de tamanho médio (tabela 11).

Tabela 11. Concentração média e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de chumbo nas classes de tamanho de *M. charruana* da laguna de Mundaú no período chuvoso.

Classe de Tamanho	Chuvoso	Desvio Padrão
Pequenos	0,30	0,06
Médios	0,21	0,08
Grandes	0,29	0,10
Media	0,25	
Desvio Padrão	0,08	

Já no período seco a maior concentração de chumbo foi encontrada na classe de tamanho grande e a menor se remete à classe de tamanho que representa os indivíduos menores, representado assim uma correlação positiva (tabela 12)

Tabela 12. Concentração média e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de chumbo nas classes de tamanho de *M. charruana* da laguna de Mundaú no período seco.

Classe de Tamanho	Seco	Desvio Padrão
Pequenos	1,10	0,16
Médios	1,11	0,18
Grandes	1,17	0,29
Media	1,13	
Desvio Padrão	0,21	

Através da figura 20 nota-se que entre as classes pequenas e médias não há diferenças significativas com relação à concentração de chumbo no período seco, porém quando consideramos a classe de tamanho grande notamos que esta apresenta diferença significativa da sua concentração média de chumbo quando relacionado com as demais classes.

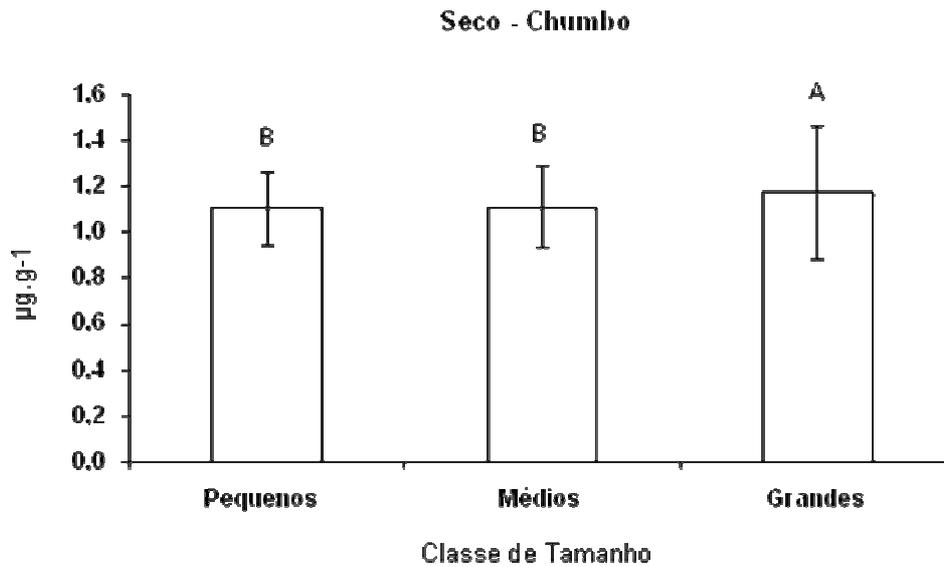


Figura 20. Concentração média de chumbo total de *M. charruana* da Laguna de Mundaú para cada classe de tamanho referente à estação seca. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

7.6 Níquel

7.6.1 Variação sazonal

Levando em consideração a sazonalidade da concentração do níquel podemos notar que existe diferença significativa entre as estações seca e chuvosa, onde valores detectados foram de $2,0 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 1,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $0,7 \mu\text{g.g}^{-1} \pm 0,6 \mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente (figura 21).

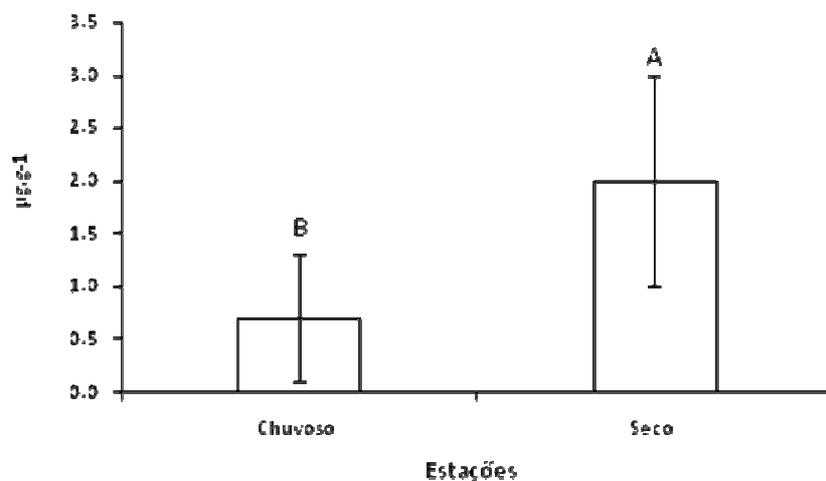


Figura 21. Concentração média de níquel em *Mytella charruana* da laguna de Mundaú para as duas estações estudadas. Letras iguais representam que não existe diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para a comparação de médias.

7.6.2 Variação entre as classes de tamanho

De acordo com o tratamento estatístico no período chuvoso as concentrações de níquel em todas as classes apresentaram diferenças estatísticas entre si, onde indivíduos menores possuem as maiores concentrações e estas tendem a decrescer com o aumento do comprimento do organismo amostrado (figura 22 e tabela 12).

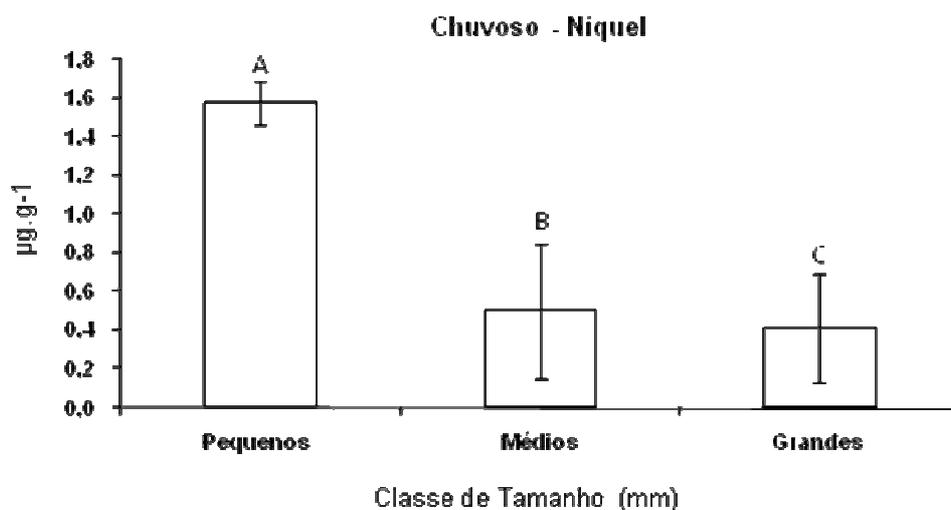


Figura 22. Concentração média de níquel total de *M. charruana* da Laguna de Mundaú para cada classe de tamanho referente à estação chuvosa. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

Tabela 13. Concentração média e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de níquel nas classes de tamanho de *M. charruana* da laguna de Mundaú no período chuvoso.

Classe de Tamanho	Chuvoso	Desvio Padrão
Pequenos	1,6	0,1
Médios	0,5	0,4
Grandes	0,4	0,3
Media	0,7	
Desvio Padrão	0,6	

Já na estação seca temos a classe de tamanho pequeno como a que possui a maior concentração de níquel, seguido pela classe que inclui os organismos de maior comprimento e enfim a classe de tamanho médio com a menor concentração (tabela 14).

Tabela 14. Concentração média e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de níquel nas classes de tamanho de *M. charruana* da laguna de Mundaú no período seco.

Classe de Tamanho	Seco	Desvio Padrão
Pequenos	3,2	1,8
Médios	1,7	0,7
Grandes	1,9	0,5
Média	2,0	
Desvio Padrão	1,0	

Na estação seca todas as concentrações de níquel detectados nas classes de tamanho apresentaram diferenças significativas como pode ser observado na figura 23.

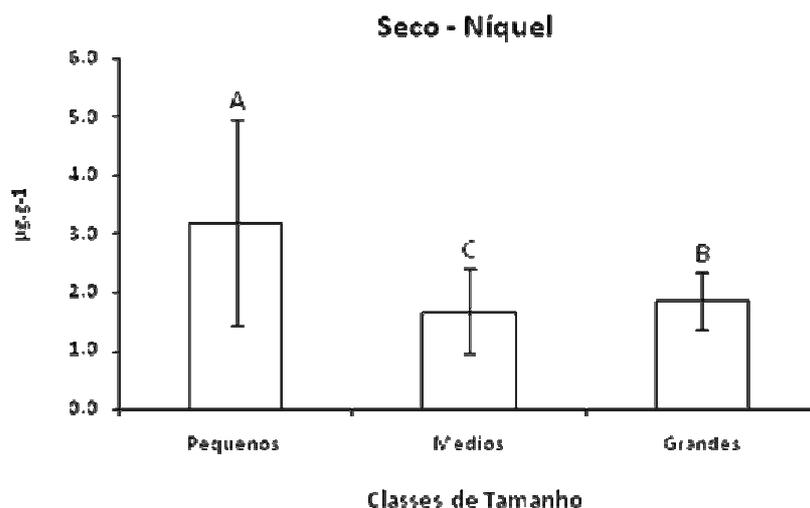


Figura 23. Concentração média de níquel total de *M. charruana* da Laguna de Mundaú para cada classe de tamanho referente à estação seca. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

8. Discussão

8.1 Variações Sazonais

O acúmulo de metal pesado em invertebrados aquáticos sofre influências de propriedades físicas e químicas da água, como pH, temperatura, salinidade, condutividade, níveis de oxigênio dissolvidos, no entanto, a presença deste elemento no ambiente deve ser notória para sofrer interferência deste parâmetros (Depledge, 1993). Tais parâmetros podem refletir as estações ou o período do ano que foi realizada a amostragem.

Como podemos observar no resultado, os metais mercúrio e cromo não apresentaram diferenças significativas sazonais entre as suas concentrações.

Para os metais pesados cobre e zinco, notamos que o tratamento estatístico aplicado confirmou que há diferenças significativas nas concentrações médias detectadas entre a estação chuvosa e a seca.

Segundo Kramer *et al.*, (1989), a taxa de filtração do material particulado em suspensão feita pelos bivalves aumentam proporcionalmente com a diminuição da salinidade. No período chuvoso onde a concentração de zinco e cobre foram maiores, ocorreu maior volume de precipitação, como era esperado, e assim pode ocorrer o efeito de diluição diminuindo então a concentração da salinidade (tabela 2).

Normalmente, quanto maior o volume de chuvas maior a quantidade de partículas suspensas na coluna d'água, partículas essas que tendem a se ligar ao cobre e zinco e acabam sendo filtrados por moluscos bivalves em geral. (Lee, 1986; Velez e Epifrano, 1981). Segundo os mesmos autores citados anteriormente a temperatura em regiões tropicais e subtropicais tem grande importância quanto à variação na concentração de metais pesados, pois, de acordo com eles a taxa de absorção do material que foi filtrado pelos moluscos bivalves é severamente prejudicada com o aumento da temperatura da água que ocorre geralmente nos períodos de estiagem. (tabela 2)

Outro fator que estaria aumentando a concentração de cobre no período chuvoso pode estar relacionado à plantação de cana-de-açúcar, que é muito comum na região. Segundo Carvalho *et al.*, (1999), pesticidas a base de cobre

são normalmente utilizados nas plantações de cana-de-açúcar de acordo com técnicas de plantação, este tipo de pesticida é aplicado três vezes ao ano numa proporção de 2 quilogramas por hectare. Com o aumento de precipitação a taxa de erosão do solo (possivelmente carregado de cobre) cresce consideravelmente, aumentando a carga deste elemento na água que é transportado adsorvido ao material particulado em suspensão através do fluxo elevado dos rios, que compõem a bacia de drenagem, até a lagoa (Qu *et al.*, 1993; Foster and Charlesworth, 1996; Carvalho *et al.*, 1999). Essa mesma explicação pode ser considerada caso a origem do elemento seja de fonte litogênica, que não caracteriza influência antrópica.

No caso do zinco, Rabelo *et al.*, (1998) descreveu que este metal pesado tem sido caracterizado por ser facilmente acumulado por invertebrados aquáticos tanto em áreas consideradas contaminadas como em áreas consideradas livres de impactos, isso ocorre devido ao metabolismo destas espécies que regulam de maneira ineficiente os níveis internos de alguns metais e assim tendem acumular grandes quantidades deste elementos em seus tecidos, com isso a concentração do elemento depende muito da quantidade disponível no ambiente estudado (Chapman *et al.*, 1996). Assim podemos considerar que com uma possível ausência de influências externas, naturalmente a quantidade deste elemento no ambiente tende a ser maior no período chuvoso devido à erosão ocorrida nas margens da bacia de drenagem, assim se tornaria mais disponível aos moluscos que filtram estes elementos junto com o material em suspensão na coluna d'água.

Para o níquel e o chumbo, foram considerados apenas dois períodos de coleta, agosto 2006 (chuvoso) e março 2007 (seco), pois os outros dois períodos amostrados tiveram suas concentrações medidas abaixo do limite de detecção do método e então foram descartadas.

Os dois metais tiveram comportamentos semelhantes, onde apresentaram concentrações maiores na estação seca. O decréscimo da concentração de metal com o aumento do fluxo de água (período chuvoso) pode ser atribuído ao efeito de diluição devido à incorporação de material particulado menos contaminado com esses elementos, originados da erosão do solo, entrando no sistema através escoamento superficial (Foster e Chasworth,

1996). Segundo Carvalho *et al.*, (1999), o aumento da capacidade de transporte dos rios durante os períodos de grandes fluxos de água é de extrema importância nesse processo, considerando que são as partículas grandes e mais pesadas que possuem menos metais pesados (níquel e chumbo) adsorvidos, assim poderão então estar sendo incorporado ao material particulado em suspensão.

De acordo com Kern e Westrich (1995) existem duas tendências para a formação do material particulado em suspensão, a primeira, seriam partículas originadas através da interferência de processos industriais e do esgoto urbano e a outra seria formada naturalmente através da erosão do solo. Frações finas de sedimento são normalmente enriquecidas com elementos derivados de processos industriais, como por exemplo, chumbo e níquel, já as maiores apresentam altas concentrações de elementos que tem como sua principal fonte o solo.

8.2 Variações em relação ao tamanho

Variação na concentração de metais pesados em diferentes classes de tamanho para moluscos está diretamente relacionada com a etapa do seu ciclo de vida (Rezende e Lacerda, 1986; Lima, 1997).

Neste estudo pode-se observar que todos os metais pesados apresentaram diferença significativa entre as suas concentrações em diferentes classes de tamanho nas duas estações amostradas.

Os metais zinco e níquel, na estação chuvosa e cromo, no período seco apresentaram uma relação inversa da suas concentrações com relação ao tamanho.

Isso pode ter ocorrido para o zinco e níquel porque na estação chuvosa há diminuição da salinidade e o aumento da temperatura da água, segundo Kramer *et al.*, (1989) e Lunetta (1969) esses parâmetros são extremamente importantes na taxa de filtração e absorção de metais pesados realizada por moluscos bivalves. A taxa de filtração dos bivalves aumenta com a diminuição da salinidade elevando a possibilidade de acúmulo de metais.

Já a temperatura da água está diretamente relacionada à reprodução dos organismos do gênero *Mytella*, que apresentam pico na taxa de reprodução quanto maior for a temperatura da água.

Como no período reprodutivo estes animais aumentam seu metabolismo em função do gasto energético, este estágio acaba por propiciar o aumento na capacidade de acúmulo destes elementos, talvez este fato justificasse as menores concentrações de zinco e níquel na classe de tamanho grande (maduro sexualmente) analisados nesta estação chuvosa onde a temperatura da água é menor (Apêndice).

O cobre no período chuvoso também apresentou maior concentração na classe de tamanho menor, este resultado pode também ser explicado através do texto citado anteriormente somado ao fato de que os indivíduos juvenis podem absorver mais rapidamente os metais pesados do que indivíduos maiores (adultos), isso ocorre devido ao metabolismo acelerado dos indivíduos juvenis, que estão em fase de crescimento e por isso demandam de uma maior taxa de filtração.

O zinco na estação seca apresentou variação diferente das demais concentrações medidas neste trabalho, sua maior concentração foi referente à classe de tamanho médio, normalmente os maiores valores são encontrados nos indivíduos maduros sexualmente ou nos juvenis. No entanto, segundo Brix e Lyngby (1985) e Sfezer *et al.*, (2002) as concentrações de zinco não possuem nenhuma relação com o tamanho dos indivíduos, ou seja, varia independentemente do seu ciclo de vida.

Para o níquel e o cromo referente à estação seca as maiores concentrações também foram encontradas nos indivíduos juvenis que foram decrescendo com o aumento do comprimento do organismo. Uma possível justificativa para tal fato seria um processo conhecido como efeito de diluição com o crescimento, ou seja, o crescimento do organismo acarretaria numa diluição da concentração do metal presente nos tecidos do corpo do animal (Otchere *et al.*, 2003).

O processo de bioacumulação, aonde os animais vão acumulando ao longo da sua vida elementos que são de difícil eliminação, é bastante estudado por diversos autores (Rainbow, 1993; Usero *et al.*, 1997; Saavedra *et al.*, 2004;

Sokolowski *et al.*, 2004). Assim indivíduos maiores apresentariam maior concentração que os menores, isso ocorreu no período chuvoso para o cromo e no seco para o chumbo.

Outro fator importante quanto aos elevados níveis de metal pesado em indivíduos adultos e conseqüentemente maduros sexualmente é o período reprodutivo, neste estágio os indivíduos maduros sexualmente tende a acumular mais elementos traços devido ao aumento do seu metabolismo e como a reprodução depende do aumento da temperatura na água, o chumbo no período seco, onde possui temperatura mais elevada, poderia estar relacionado ao ciclo reprodutivo do molusco.

De acordo com Coimbra e Carraça (1990) o aumento do acúmulo de metais no período reprodutivo pode ser atribuído principalmente a síntese de um grupo de proteínas induzidas através de hormônios durante os estágios de desenvolvimento do ciclo reprodutivo. Dentre estas proteínas estariam, por exemplo, as metalotioneínas que são responsáveis pelo acúmulo preferencial de alguns metais nos últimos estágios do período de desenvolvimento.

O mercúrio e o chumbo no período chuvoso e o cobre no período de seca não apresentaram diferenças significativas entre as concentrações medidas nos indivíduos juvenis e nos maduros sexualmente. Segundo Coimbra, (2003) isso ocorre devido ao fato de os elementos não estarem diretamente sendo influenciado pelo ciclo de vida do biomonitor, ou seja, sua taxa de eliminação é igual à taxa de absorção.

8.3 Comparações com outros trabalhos

Este estudo revelou concentrações intermediárias de Hg, Cr, Zn, Cu, Pb e Ni em *Mytella charruana* (exceção para níquel e chumbo) comparado aos resultados descritos na literatura tanto para áreas consideradas impactadas como para áreas não ou pouco impactadas pela ações humanas. Isto pode estar sugerindo uma grande variação na capacidade do organismo estudado de bioacumular diferentes metais pesados dependendo das condições ambientais e fisiológicas do organismo para cada estação amostrada (tabela 15).

Tabela 15. Comparação das concentrações de metais pesados detectados no presente estudo com outros trabalhos realizados em áreas consideradas impactadas ou não impactadas antropicamente.

Organismo	Área	Hg($\mu\text{g.kg}$)	Cr($\mu\text{g.g}$)	Cu($\mu\text{g.g}$)	Zn($\mu\text{g.g}$)	Ni($\mu\text{g.g}$)	Pb($\mu\text{g.g}$)
<i>M.edulis</i> (1)	Ilha Kyushu, Japão	-	5,1	-	-	-	-
<i>Perna perna</i> (2)	Golfo de Aden, Yemen	-	-	-	-	-	5,2
<i>M. strigata</i> (3)	Manguezais, México	-	0,7	-	-	16	0,8
<i>Perna perna</i> (4)	Ilha de Santana, RJ	-	1,3	-	-	8,6	1,8
Bentos (5)	Baía de Sepetiba, RJ	-	-	-	-	7,4	-
<i>C. brasiliiana</i> (6)	Cananéia, SP	20	-	-	-	-	-
Bivalves (7)	Benya, Gana	370	-	-	-	-	-
<i>M.charruana</i> (8)	Rio Bacanga, MA	-	-	31,5/21,3	31,2/45,4	-	-
<i>M.charruana</i> (9)	Estuários, RN	-	-	7,31/12,8	50,4/68,6	-	-
<i>M.charruana</i> (10)	Laguna de Múndau	141/189	1,4/12,7	7,2/9,1	44,6/58,6	0,4/3,2	0,21/1,17

(1) Sfezer *et al*, 1997; (2) Szefer *et al*, 1997; (3) Szefer *et al*, 1998; (4) Carvalho *et al*, 1998; (5) Carvalho *et al*, 1993; (6) Machado, 2002; (7) Otchere *et al*, 2003; (8) Rojas *et al*, 2007; (9) Brito, 2010; (10) Presente estudo.

Em relação ao mercúrio as concentrações apresentaram valores intermediários quando comparados com os valores encontrados na literatura referentes a áreas contaminadas e não contaminadas. Machado *et al.*, 2002 encontrou uma concentração média de $20,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de Hg em ostras no estuário de Cananéia em São Paulo, Essa área de estudo é considerada livre de contaminação. Já na Baía de Kastela, Croácia, um trabalho foi realizado em molusco, transplantando-os de um local sem contaminação para outro contaminado, e os resultados observados foram de $138-325 \mu\text{g.kg}^{-1}$, valores mínimos e máximos respectivamente (Zorana *et al.*, 2006). Otchere *et al.*, (2003) em Gana, na lagoa de Benya, área considerada contaminada por fatores antrópicos, encontraram valores de até $370 \mu\text{g.kg}^{-1}$.

Para o cromo, a concentração no presente estudo variou entre $1,4 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $12,7 \mu\text{g.g}^{-1}$ refletindo valores semelhantes aos encontrados em áreas consideradas contaminadas e também em áreas livres de contaminação. Em um estudo realizado no Japão, numa área considerada poluída, Szefer *et al.*, (1997) encontraram concentração média de cromo de $5,1 \mu\text{g.g}^{-1}$, já em áreas consideradas livre ou com baixo impacto ambiental os valores encontrados na literatura foram de $1,3 \mu\text{g.g}^{-1}$ em um estudo realizado com *Perna perna*, em Macaé, e de $0,7 \mu\text{g.g}^{-1}$ em *Mytella strigata* coletados nos manguezais mexicanos.

As concentrações de cobre detectadas na lagoa Mundaú (presente estudo) alternaram valores entre $7,2 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $9,1 \mu\text{g.g}^{-1}$, estes valores são bem menores do que os encontrados em São Luis-MA (Rojas *et al.*, 2007) no rio Bacanga, quando a concentração máxima e mínima analisada no mesmo organismo atingiram $31,51 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $21,33 \mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente. Porém, quando comparamos com os resultados obtidos por Brito (2010), podemos observar valores semelhantes ao encontrado neste trabalho onde a variação da concentração foi entre $7,31 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $12,82 \mu\text{g.g}^{-1}$.

O zinco é um elemento que vem sendo descrito na literatura como de fácil acúmulo pelos invertebrados marinhos, na maioria das vezes ultrapassando o limite máximo permitido para o consumo humano (Rabelo *et al.*, 1998) tanto em áreas reconhecidamente como contaminadas bem como em locais considerados livre de poluição. Em determinados estudos, este elemento pode apresentar concentrações mais elevadas em organismos coletados em áreas consideradas não poluídas do que em organismos coletados em áreas consideradas poluídas (Ferreira *et al.*, 2003).

Comparando os resultados obtidos por outros autores com o presente estudo, com relação ao zinco, vemos que Rojas *et al.*, (2007) encontraram em amostras de *Mytella charruana*, coletados no rio Bacanga em São Luiz – Maranhão, concentrações variando de $31,23 \mu\text{g.g}^{-1}$ a $45,41 \mu\text{g.g}^{-1}$, valores intermediários considerando o presente estudo. Brito (2010) estudando o mesmo organismo coletado nos estuários potiguares encontrou variações entre $50,42 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $68,64 \mu\text{g.g}^{-1}$.

O níquel por sua vez apresentou concentrações abaixo do encontrado tanto em locais considerados contaminados, bem como em locais livre de poluição. As máximas e mínimas do níquel no presente estudo variou entre 0,4 $\mu\text{g.g}^{-1}$ e 3,2 $\mu\text{g.g}^{-1}$, valores bem abaixo do encontrado em outros estudos. Carvalho *et al.*,(1993) em estudo realizado na baía de Sepetiba, área reconhecidamente com poluída, encontraram níveis de níquel que atingiram 7,4 $\mu\text{g.g}^{-1}$, o mesmo autor (1998) em outro estudo realizado em Macaé analisando as concentrações em moluscos bivalves (*Perna perna*) encontrou valores que atingiram 8,6 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Szefer *et al.*, (1998) estudando *Mytella strigata* determinou concentrações em torno de 16 $\mu\text{g.g}^{-1}$.

Em moluscos bivalves foram realizadas determinações de chumbo onde foi encontrado concentrações em torno de 0,8 $\mu\text{g.g}^{-1}$ e 1,8 $\mu\text{g.g}^{-1}$ em áreas consideradas livres de contaminação ou com baixo impacto nos trabalhos desenvolvidos por Szefer *et al.*,(1997) e Carvalho *et al.*, (1998) respectivamente, esse resultados se assemelham aos dados obtidos no presente estudo evidenciando a não contaminação da laguna de Mundaú para este elemento, concordando com este fato, Szefer *et al.*, 1997, num trabalho realizado no Yemen, golfo de Aden, local considerado com alto impacto ambiental, encontrou concentração de chumbo de 5,2 $\mu\text{g.g}^{-1}$ em *P.perna*.

A seguir estão apresentados os resultados das análises realizadas contendo as concentrações médias de metais pesados em peso seco (realizado neste trabalho) e peso úmido (tabela 16) nas duas estações estudadas, pois a Legislação Brasileira apresenta seus limites máximos de tolerância em concentração de metais pesados por peso úmido. Porém, vários autores publicam seus trabalhos em concentração de metais pesados por peso seco do organismo.

Tabela 16. Concentração média dos metais pesados em *Mytella charruana* nas duas estações amostradas, tanto em peso seco como em peso úmido*

Elementos	Estação chuvosa	Estação seca	ANVISA
Mercúrio	144,1 - 36,0*	165,8 - 41,5*	500,0*
Cromo	4,8 - 1,2*	3,4 - 0,9*	0,1*
Cobre	8,6 - 2,2*	7,5 - 1,9*	10,0*
Zinco	52,8 - 13,2*	47 - 11,8*	50,0*
Níquel	0,7 - 0,2*	2 - 0,5*	5,0*
Chumbo	0,25 - 0,1*	1,13 - 0,3*	2,0*

Como pode ser observado na tabela acima todos os metais neste trabalho apresentaram concentrações abaixo do limite permitido para o consumo humano de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), exceto para o cromo que teve suas concentrações, tanto no período chuvoso quanto no seco ultrapassando o limite estabelecido pela legislação nacional.

No entanto, na literatura os valores observados para este metal normalmente também ultrapassa tal limite, mesmo quando as determinações remetem a áreas reconhecidamente livres de contaminação, assim fica evidente a necessidade de maiores estudos referente ao limite estabelecido pela ANVISA para este metal e até uma possível reconsideração do mesmo.

As concentrações abaixo do limite permitido para consumo humano encontradas nesse trabalho garantem que tal organismo, a *Mytella charruana*, presente na lagoa de Mundaú encontra-se livre de contaminação com relação aos metais estudados. Este fato é de extrema importância tendo em vista que o sururu, como é conhecido o organismo estudado, é a principal fonte de proteína da população que vive as margens da lagoa sendo também comercializado por eles.

9. Conclusões

Tendo em vista o clima da região estudada, onde as estações são bem definidas (estação chuvosa e estação seca), e como o fator climático afeta bastante os parâmetros físico-químicos do ambiente, o metabolismo do organismo e também a geoquímica destes elementos, era esperado diferenças significativas entre as concentrações sazonais. Estas variações sazonais puderam ser observadas entre as concentrações do zinco, cobre, níquel e chumbo, já para o mercúrio e o cromo tais diferenças não foram verificadas.

Para todos os metais estudados foi possível detectar diferenças significativas nas concentrações entre as classes de tamanho nas duas estações amostradas. Para alguns autores essas diferenças são prioritariamente controladas por fatores metabólicos do organismo estudado já para outros os parâmetros físico-químicos regem a disponibilidade desses metais para o organismo, no entanto, pode-se perceber que não há na verdade um fator predominante e sim interação entre todas as variáveis existentes.

Entre os elementos determinados todos tiveram suas concentrações abaixo do limite permitido para consumo humano determinado pela Agencia Nacional de Vigilância Sanitária, exceção para o cromo que teve sua concentração média, em todos os períodos estudados (período chuvoso e seco), acima do estabelecido pela legislação brasileira. Assim, existe um risco para a população local que utiliza este molusco na sua dieta alimentar com grande freqüência. No entanto, levando em consideração a área de estudo (laguna de Múndau), onde há forte influência de fatores antrópicos como, por exemplo, indústrias, monoculturas e esgoto urbano, seriam esperados valores elevados também para os demais metais e não só para o cromo.

Com isso, fica evidente a necessidade de mais estudos na região, analisando as concentrações de metais pesados em diferentes matrizes como, por exemplo, solo, sedimento, material particulado em suspensão e outros organismos para assim entendermos melhor a dinâmica desses elementos no ambiente estudado e assim também ter bases científicas para ações preventivas e em casos de acidentes.

10. Referências Bibliográficas

Alagoas. (1980). Secretaria de planejamento. Coordenação de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Projeto de Levantamento Ecológico Cultural Da Região das Lagoas Mundaú/Manguaba. Maceió . SENPLAN/AL, V II. 605p.

Amiard, J. C., Amiard-Triquet, C., Berther, B. & Metayer, C. (1987). Comparative study of the patterns of bio-accumulation of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 106: 73-89 pp.

Andrade, R. G. S; Andrade, M. R; Alves, J. P. H. (2006). Determinação de chumbo e cobre no sedimento do estuário do rio Japarutuba-SE. In: congresso de pesquisa e inovação da rede norte nordeste de educação tecnológica, 1, 2006. Natal-RN. Anais... Natal: cefet/RN.

Azevedo, F.A. (2003). Toxicologia do Mercúrio. Editora RiMa. 1a. Ed. 272p.

Bastos, W. R., Malm, O., Pfeiffer, W. C., Cleary, D. (1998). Establishment and Analytical Quality Control of Laboratories for Hg Determination in Biological and Geological Samples in the Amazon, Brazil. *Ciência e Cultura*. Vol. 50 (4). 255-260 pp.

Boehs, G. (2000). Ecologia populacional, reprodução e contribuição em biomassa de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Bivalvia: Veneridae) na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. UFPR, Depto de Zoologia, Tese de Doutorado, 201p.

Boening, D. W. (1997). Na Evaluation of Bivalves as Biomonitors of Heavy Metals Pollution in Marine Waters. *Environmental Monitoring and Assessment*. 55: 459-470.

Boyden C. R., Phillips, D.J.H.(1974) Seasonal variation and inherent variability of trace elements in oyster and their implications for indicator studies. *Mar Ecol Prog Ser* 1981; 5:29-40.

Bordin. G., McCourt, J. & Rodríguez, A. (1992) Trace metals in the marine bivalve *Macoma Balthica* in the Westerschelde Estuary (The Netherlands). Part 1: analysis of total copper, cadmium, zinc and iron concentrations – locational and seasonal variations. *Sci Total Environ*, **127**: 255–280.

Brito, G.Q. (2010). Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado aliada à quimioterapia na determinação de íons metálicos no molusco *Mytella falcata* para discriminação de Estuários Potiguares. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Brix, H., Lyngby, J.E. (1982). Seasonal and environmental variation in cadmium, copper, lead and zinc concentrations in eelgrass (*Zostera marina* L.) in the Limfjord, Denmark. *Aquat. Bot.* 14, 59–74.

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

Carvalho, C. E. V., Faria, V. V., Cavalcante, M. P. O., Gomes, M. P. & Rezende, C. E. (2000). Heavy metal Distribution in Benthonic Coastal Fish From Macaé Region, R. J., Brazil. *Ecotoxicology and Environmental Restoration*. 3 (2): 64-68.

Carvalho, C. E. V., Ovalle, A. R. C., Rezende, C. E., Molisani, M. M., Salomão, M. S. M. B. and Lacerda, L. D. (1999), Seasonal variation of particulate heavy metals in the Lower Paraíba do Sul River, R.J., Brazil. *Environ. Geol.*, **37** : (4), p.297-302.

Carvalho, C. E. V., Cavalcante, M.P.O., Gomes, M.P., Faria, V.V. e Rezende, C.E. (1998). Distribuição de metais pesados em mexilhões *P. perna* da ilha de Santana (Macaé – RJ). An. 5º Enc. Brasil. Ecotoxi., Itajaí – SC. 44p.

Carvalho, C. E. V., Lacerda. L. D. e Gomes, M.P. (1993). Metais pesados na biota bêmica da Baía de Sepetiba e Angra dos Reis, Rj. Acta Limno. Brasil., 6: 222-229.

Chagas-Spinelli, A.C. O; Costa, M. F; Lima, E. S. (2006). Avaliação de métodos de preservação de tecidos moles de moluscos bivalves para análise geoquímica e uso como bioindicadores de contaminação ambiental: Caso do estuário de Barra de Jangadas, nordeste do Brasil. Estudos geológicos, .16, n.2, p.67-82,.

Chapman, P.M., Allen, H., Godtfredsen, K. e Graggen, M. N. (1996). Evaluation of Bioaccumulation Factors in regulation metals. Environ. Science e Thecnol. 30 (10): 448A-452a pp.

Coimbra, A. G. (2003). Distribuição de Metais Pesados em Moluscos e Sedimentos nos Manguezais de Coroa Grande e da Enseada das Garças, Baía de Sepetiba, RJ. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense.

Coimbra, J. & Carraça, S. (1990). Accumulation of Fe, Zn, Cu and Cd During differents stages of the reproductive cycle in *Mytilus edulis*. Comp. Biochem. Phisiol. 95 C (2): 265-270

Cossa. D, Rondeau J.G. (1985) Seasonal, geographical and size induced variability in mercury contento of *Mytilus edulis* in an estuarine environment: a re-assessment of mercury pollution level in the Estuary and gulf of St. Lawrence. Mar Biol. 88: 43-49.

Depledge, M. H. (1993). The Rational Basis for the Use of Biomarkers as a Ecotoxicological Tools. In: Nondestructive Biomarkers in Verterbrates (M. C. Fossi & C. Leonzio, eds). Lewis Publishers, Boca Raton FI, USA, 271-285 pp.

Esteves, F. A. (1998). Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência/Finep, Cap. 19, p. 291-360.

Fatorelli, I; Corseuil, H, X. (2004). Avaliação de risco ecológico para a estação intermediária de guaratuba. In: congresso brasileiro de águas subterrâneas, 13. cuiabá - mt. Anais eletrônicos... Cuiabá: associação brasileira de águas subterrâneas.

Fernícola, N. A. G. G. & Oliveira, S. S. (2002). Produtos orgânicos persistentes: POPs. Série Caderno de Referência Ambiental v.13. Salvador, 500 p.

Ferreira, A.G., Melo, E.T. & Carvalho, C.E.V. (2003). Histological Aspects of Mercury Contamination in Muscular and Hepatic Tissues of *Hoplias malabaricus* (PISCES – ERYTHRINIDAE) from Lakes in the North of Rio de Janeiro State, Brazil. *Acta Microscopica*. Vol. 12. No. 01. 49-54 pp.

Foster, I.D.L, Charlesworth S.M. (1996) Heavy metals in the hydrological cycle: trends and explanations. *Hydrol Proc* 10: 227–261

Franco, J., Borja, A., Solaun, O., Perez, V. (2002) Heavy metal in molluscs from the Basque coast (Northern Spain): results from an 11 year monitoring programme. *Mar Pollut Bull* 44. 973-976.

Gibbs, R.J. (1977) Transport phases of transiton metals in the Amazon and Yokun rivers. *Geological Society of American Bulletin*. 88: 829-843 pp.

Guimarães, V; Sígolo, J,G.(2008). Detecção de contaminantes em espécie bioindicadora (*Corbicula fluminea*) – Rio Ribeira de Iguape-SP **Química nova** , v. 31, n.7, p. 1696-1698.

Instituto Adolf Lutz. (2005) Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz: Metodos químicos e físicos para análises de alimentos. São Paulo: O Instituto.

Joiris, C.R., Holsbeek, L., Bolba, D., Gascard, C., Stanev, T., Komakhidze, A., Baumgärtner, W. & Birkun, A. (2001). Total and Organic Mercury in the Black sea Harbour porpoise *Phocoena phocoena relicta*. Marine Pollution Bulletin. Vol. 42, No. 10. 905-911 pp.

Kern, U., Westrich, B. (1995) Sediment contamination by heavy metals in a lock-regulated section of the River Neckar. Mar Freshwater Res 46 : 101–106

Kramer, K.J.M., Jenner, H.A., De Zwart, D. (1989) The valve movement response of mussels: a tool in biological monitoring. Hydrobiologia 188/189:433-443.

Lafabrie, C., Pergent-Martini, C., Pergent, G. (2007). Metal contamination of *Posidonia oceanica* meadows along the Corsican coastline (Mediterranean). Environ. Pollut. doi:10.1016.

Larcher, W. (2000). Ecofisiologia Vegetal. RiMa Artes e Textos. 531pp.

Leahy, W. de M. (1994). Estuários e lagoas. In: Sales, V. (org.). Guia do meio ambiente – Litoral de Alagoas. 2ª ed. rev. Maceió: Secretaria de planejamento: IMA. P. 48-57.

Lee, L. Y. (1986). Growth and reproductive of the green mussel *Perna viridis* (L) (Bivalvia: Mytilacea) in contrasting environments in Hong Kong. Asian Mar Biol 3:111-127.

Liao, C. Y., Zhou, Q. F., Fu, J. J., Jiang, G. B. (2005) Mercury Accumulation and Distribution in Medaka after the Exposure to Sublethal Levels of Methylmercury. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 75:584–591

Lima, R. C. de A., Coutinho, P. da N. (1998). Modelo evolutivo do sistema estuarino lagunar Mundaú/Manguaba. Boletim de Estudos de Ciências do Mar, Maceió, n.10, p.139-154.

Lima, E. F. A. (1997) Determinação de cádmio, cromo, cobre e zinco em mexilhões *Perna perna* (LINNÉ, 1758) do litoral do estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Depto de Química - PUC/RJ, 151 pp

Lira, G. M., Filho, J. M., Sant'ana, T. S., Torres, P. R., Oliveira, A. C., Omena, C. M. B., Neta, M. L. S.(2004) Perfil de ácidos graxos, composição centesimal e valor calórico de moluscos crus e cozidos com leite de coco da cidade de Maceió – AL. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, v. 40,n.4, São Paulo, p. 529-537,

Luoma, M.S. (1983). Bioavailability of trace metals to aquatic organisms. A review. Science of the Total Environment, 28: 1-22.

Machado, I.C., Maio, F. D., Kira C. S.Carvalho, M. F. H. (2002). Estudo da ocorrência dos metais pesados Pb,Cd,Hg,Cu e Zn na ostra de mangue *Crassostea brasiliana* do estuário de Cananéia, SP, Brasil. Rev. Inst. Adolf Luts.

Maia, C. B.; Almeida, A. C. M; Moreira, F. R. (2006). Avaliação do teor de chumbo em mexilhões da espécie *Perna perna* na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro. J. Braz. Soc. Ecotoxicol., v. 1, n. 2, p. 195-198,.

Marques, J. G. W. (1991). Aspectos ecológicos na etnoictiologia dos pescadores do Complexo Estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba, Alagoas. 292 f. Tese de doutorado em Ecologia – Universidade Estadual de Campinas.

Oliveira, A. M. de. 1996. Salinity diffusion in the estuarine Channels of the Manguaba Lagoon, Brasil. Boletim de Estudos de Ciências do Mar, Maceió, n.9, p33-38.

Markert, B.; Wappelhorst, O.; Weckert, V.; Herpin, U.; Siewers, U.; Friese, K.; Breulmann, G. (1999). The use of bioindicators for monitoring the heavy-metal status of the environment. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 240, n.2, p. 425–429,.

Melo, R, H, M, C. (2004). Estudo da concentração de metais pesados em (*Crassostera rizophorae*), sedimento e água do manguezal do Rio potengi.. 58f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica). Centro de Biociências. Departamento de Bioquímica. Universidade Federal do Rio grande do Norte, Natal/RN.

Otchere, F.A., Joiris, C., Holsbeek, L., Ali, I.B., Vanderpuye, C.J. (2000) Heavy metals concentration and burden in the bivalves *Anadara (Senilia) senilis* Perna perna and *Crassostrea tulipa* from Ghana.In: Nriagu J, editor. 11th Annual International Conference on Heavy Metals in the Environment Contribution number 10161.University of Michigan, School of Public Health, Ann Arbor, MI, (CD-ROM).

Otchere, A. F. Mercury in the bivalves *Anadara (Senilia) senilis*, *Perna perna* and *Crassostea tulipa* from Ghana (2003). *The Science of the Environment*.304:369- 375p.

Paez-Osuna, P., Frias-Espericueta, M. G. & Osuna-Lopez, J. I. (1995). Trace Metal Concentrations in Relation to Season and Gonadal Maturation in the Oyster *Crassostrea iridescens* *Mar. Environ. Res.* 40pp.

Pfeiffer, W. C., Lacerda, L. D., Fiszman, M. & Lima, N. R. W., (1985), Metais pesados no pescado da Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro. *Ciência e Cultura*, 37(2): 297-302.

Penna-Franca, E., Pfeiffer, W. C., Fiszman, M., Lacerda, L. D. (1982). Aplicabilidade da análise pelos parâmetros críticos, usualmente empregada para instalações nucleares, no controle da poluição do ambiente marinho por metais. *Ciência e Cultura*. 36 (2): 215-219 pp.

Pereira, O. M., Henriques, M. B., Zenebon, O., Sakuma, A. & Kira, C. S. (2002). Determinação dos Teores de Hg, Pb, Cd, Cu e Zn em Moluscos (*Crassostrea brasiliensis*, *Perna perna* e *Mytella falcata*). Revista Instituto Adolfo Lutz, 61 (1) :19-25.

Pereira – Barros, A. T. L. Importância sócio econômica do sururu (*Mytella falcata* – molusca-mytilidae) para a população da cidade de coqueiro seco. Boletim de estudos de ciências do mar, Maceió, n.6, p. 49-64. 1987.

Qu, C.H., Chen, C.Z., Yang, J.R., Wang, L.Z., Lu, Y.L. (1993) Geochemistry of dissolved and particulate elements in the major rivers of China (the Huanghe, Changjiang and Zhunjiang Rivers). Estuaries 16(3a):475–487

Rabelo, M.F., Amado-Filho, G.M., Correa. Jr.J.D., Bastos, W.R. e Pfeiffer, W.C. (1998). Bioindicators of heavy metals contamination in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro. An. 5º Enc. Brasil Ecotox., Itajaí – SC.

Rainbow, P.S., (1993). The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates. In: Dallinger, R., Rainbow, P.S. (Eds.), Ecotoxicology of Metals in Invertebrates. Lewis Publishers, Chelsea, pp. 3 –23.

Rezende, C. E. & Lacerda, L. D. (1986), Metais pesados em mexilhões *Perna perna* no litoral do Estado do Rio de Janeiro. *Rev. Brasil. Biol.*, 46: 239-247.

Riget, F., Johansen, P., Asmud, G. (1996). Influence of length on element concentrations in blue mussels (*Mytilus edulis*). *Mar. Pollut. Bull.* 32: 745-751.

Rios, E. (1994). Seashells of Brasil. Rio Grande: FURG (Universidade Federal do Rio Grande. 492p.

Rojas, M.O.A.I., Cavalcante, P.R.S., Souza, R.C., Dourado, E.C.S., (2007). Teores de zinco e cobre em ostras (*Crassostrea rhizophorae*) e sururu (*Mytella falcata*) do Estuário do rio Bacanga em São Luis (MA). Boletim do Laboratório de Hidrologia, n.20, p.01-08.

Saavedra, Y., González, A., Fernández, P. & Blanco, J. (2004). The effect of size on trace metal levels in raft cultivated mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *The Science of the Total Environment*, 318 (1-3), 115-124.

Salomons, W. e Förstner, U. (1984). *Metals in hydrocycle*. Berlin: Springer-Verlag, 349p.

Santos, R. C. de Al. (1998). Estudos sedimentológico e geoambiental no sistema lagunar Mundaú – Alagoas. 127f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Silva, C.A.R., Silva, A.P., & Oliveira, S.R. (2006). Concentration, stock and transport rate of heavy metals in a tropical red mangrove, Natal-Brazil. *Marine Chemistry*, 99, 2-11.

Sokolowski, A., Fichet, D., Garcia-Meunier, P., Radenac, G., Wolowicz, M., & Blanchard, G. (2002). The relationship between metal concentration and phenotypes in the Baltic clam *Macoma balthica* (L.) From the Gulf of Gdansk, southern Baltic. *Chemosphere*, 47, 475-484.

Szefer, P. e Geldon, J. (1997). Distribution and association of trace metals in soft tissue and byssus of molluscs *Perna perna* from the Gulf of Aden. Yemen. *Environ. Inter.*, 23 (1): 53-61 pp.

Szefer, P., Ikuta, K., Kushiya, S., Szefer, K., Frelek, K. e Geldon, J. (1997). Distribution and association of trace metals in soft tissue and byssus of *Mytilus edulis* from the east coast of Kyushu Island, Japan. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 32: 184-190 pp.

Szefer, P., Geldon, J., Ali, A. A., Páez-Osuna, F., Ruiz-Fernandes, A. C. e Galvan, S. R. G. (1998). Distribution and association of trace metals in soft

tissues and byssus of *Mytella strigata* and other benthic organism from Mazatlan harbour, Mangrove lagoon of the Northwest coast of México. *Environ. Inter.*, 24 (3): 359-374 pp.

Szefer, K.P., Frelek, K., Szefer, C.h.-B., Lee, B.-S., Kim, J., Warzocha, I., Zdrojewska and T. Ciesielski, Distribution and relationships of trace metals in soft tissue, byssus and shells of *Mytilus edulis trossulus* from the southern Baltic. *Environmental Pollution* 120 (2002), pp. 423–444.

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

Usero, J., Gonzáles-Regalo, E., & Gracia, I. (1997). Trace metals in the bivalve mollusc *Ruditapes decussatus* and *Ruditapes philippinarum* from the Atlantic coast of Southern Spain. *Environment International*, 23 (3), 291-298.

Velez, A., Epifranio, C. E. (1981) Effects of temperature and ration on gametogenesis and growth in the tropical mussel *Perna perna* (L). *Aquaculture* 22:21-26.

Wanderley, P. R. de M., Lima-Santos, R. C. de A., Costa, J. de A., Cavalcante, A. T. (1993) Estudo sedimentológico do Complexo Estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba. *Revista de Geociências, Departamento de Geologia e Topografia, CCEN/UFAL, Maceió*, n. 5, p. 55-67.

Wong, C.K.C., Cheung, R.Y.H., Wong, M.H. (2000) Heavy metals concentration in green-lipped mussels from Tolo harbor and markets in Hong Kong and Shenzhen. *Environ Pollut* 109;165-171

Kehrig, H. A., Costa, M., Moreira, I. & Malm, O. (2002) Total And Methylmercury In a Brazilian Estuary, Rio de Janeiro. *Marine pollution bulletin* 44:1018-1023.

Yusof, A. M., Yanta, N. F., Wood, A. K. H. (2004). The use of bivalves as bio-indicators in the assessment of marine pollution along a coastal area. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. Vol. 259, No. 1 119-127.

Zagatto, P. A. & Bertoletti, E. 2006. *Ecotoxicologia Aquática*. São Carlos: RiMa, Cap. 2, p.15-36.

Zorana K. G., Odzak, N., Ujevic, I., Zvonaric, T., Horvat, M., Baric, A.(2006) Biomonitoring of mercury in polluted coastal area using transplanted mussels. *Science of the total Environment* 368 199-209.

11. Apêndices

Edited by Foxit PDF Editor
Copyright (c) by Foxit Software Company, 2004 - 2007
For Evaluation Only.



Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMETRICA MÉDIA DA REGIÃO CANAVIEIRA DO ESTADO DE ALAGOAS SAFRAS: 1983/1984 A 2007/2008

SAFRAS	MESES - SETEMBRO A MARÇO - (mm)													MESES - ABRIL A AGOSTO - (mm)										TOTAL					
	Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		Janeiro		Fevereiro		Março		SubTot (mm)	Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		SubTot (mm)	(mm)	Dias	
	(mm)	dias	(mm)	dias	(mm)	dias	(mm)	dias	(mm)	dias	(mm)	dias	(mm)	dias		(mm)	dias	(mm)	dias	(mm)	dias	(mm)	dias	(mm)	dias				
83/84	108,1	-	70,8	-	6,9	-	0,6	-	52,1	-	31,2	-	117,1	-	386,8	271,0	-	294,4	-	187,4	-	321,0	-	227,7	-	1.281,3	1.668,1	-	
84/85	153,5	-	80,3	-	39,0	-	1,9	-	22,9	-	218,3	-	209,8	-	725,5	392,0	-	104,3	-	327,6	-	314,3	-	282,2	-	1.420,4	2.145,9	-	
85/86	123,6	-	41,3	-	55,7	-	15,5	-	33,0	-	30,9	-	191,1	-	491,0	156,9	-	424,9	-	284,9	-	250,3	-	135,1	-	1.231,9	1.722,9	-	
86/87	227,9	-	138,3	-	188,3	-	75,4	-	96,3	-	89,5	-	140,6	-	945,2	228,4	-	104,8	-	278,4	-	203,3	-	170,6	-	983,5	1.928,7	-	
87/88	31,7	-	17,0	-	1,2	-	14,3	-	27,3	-	38,0	-	171,2	-	300,7	228,8	-	143,0	-	280,0	-	498,4	-	134,4	-	1.282,6	1.583,3	-	
88/89	103,3	-	45,3	-	89,8	-	109,8	-	79,7	-	23,7	-	134,7	-	565,1	389,8	-	477,0	-	274,1	-	525,0	-	158,7	-	1.804,4	2.369,5	-	
89/90	91,0	-	116,3	-	51,0	-	141,5	-	114,3	-	20,5	-	48,2	-	582,8	250,8	-	155,8	-	194,4	-	321,7	-	173,6	-	1.096,3	1.679,1	-	
90/91	138,9	-	79,0	-	22,9	-	38,7	-	28,5	-	37,7	-	97,2	-	440,8	98,2	-	354,5	-	188,7	-	191,5	-	312,0	-	1.142,9	1.583,7	-	
91/92	75,4	-	41,5	-	34,2	-	12,4	-	100,8	-	235,5	-	277,2	-	777,1	133,6	-	84,0	-	324,3	-	300,2	-	139,8	-	981,9	1.759,0	-	
92/93	184,3	-	19,5	-	30,8	-	8,8	-	10,0	-	11,7	-	12,4	-	257,3	41,0	-	105,5	-	177,8	-	217,7	-	102,8	-	644,8	902,1	-	
93/94	18,0	-	250,9	-	129,8	-	54,9	-	17,8	-	35,3	-	124,4	-	631,2	184,0	-	384,4	-	588,2	-	277,1	-	130,2	-	1.541,9	2.173,1	-	
94/95	220,5	-	55,8	-	20,8	-	28,1	-	17,9	-	25,3	-	29,8	-	398,2	256,5	-	251,1	-	383,8	-	325,4	-	101,1	-	1.297,9	1.696,1	-	
95/96	57,8	-	7,7	-	91,0	-	1,7	-	82,0	-	18,4	-	105,1	-	341,4	489,0	-	205,3	-	305,2	-	295,6	-	288,8	-	1.581,9	1.923,3	-	
96/97	48,9	-	37,9	-	97,1	-	25,3	-	87,0	-	125,7	-	224,0	-	645,8	242,8	-	346,8	-	198,3	-	280,9	-	145,9	-	1.212,7	1.858,5	-	
97/98	2,1	-	11,6	-	9,7	-	39,4	-	60,2	-	12,4	-	43,6	-	178,9	111,8	-	196,1	-	188,4	-	235,5	-	176,7	-	908,5	1.087,4	-	
98/99	49,3	-	33,4	-	1,0	-	39,8	-	17,3	-	40,8	-	37,5	-	219,1	47,9	-	246,1	-	137,2	-	255,5	-	148,9	-	835,6	1.054,7	-	
99/00	119,1	16,3	165,2	13,0	52,5	3,4	27,3	5,7	148,3	10,4	152,8	9,0	105,7	13,1	770,9	290,8	20,6	194,8	18,3	351,0	23,3	448,7	24,0	238,9	18,1	1.524,2	2.295,1	175,2	
00/01	300,8	19,4	23,6	5,2	47,3	5,7	60,5	6,2	32,4	6,3	8,5	3,2	96,1	9,2	570,0	121,1	14,2	85,9	9,4	515,1	24,2	313,0	27,3	213,6	23,3	1.228,7	1.798,7	153,6	
01/02	52,7	9,2	168,5	9,8	33,9	4,6	113,8	13,8	329,8	20,3	83,0	9,3	219,7	14,5	999,4	178,8	16,4	287,6	20,1	444,7	26,6	179,8	17,0	183,4	19,4	1.272,3	2.271,7	181,0	
02/03	41,0	7,0	39,3	6,1	22,1	6,0	24,7	2,1	48,0	6,3	105,2	11,6	152,6	12,6	432,9	104,1	13,0	158,3	16,9	230,1	21,4	201,8	24,5	146,0	20,6	840,3	1.273,2	148,4	
03/04	143,0	14,4	101,2	12,2	36,9	6,6	21,5	5,6	331,2	18,2	129,5	10,2	104,7	10,0	868,0	172,9	14,0	236,5	18,7	538,2	24,8	295,9	24,0	200,1	20,0	1.441,6	2.309,6	178,7	
04/05	177,7	17,3	20,8	3,9	15,1	4,2	5,8	1,8	7,8	2,0	62,4	7,5	88,6	8,0	358,0	133,1	18,9	435,4	23,6	444,7	24,7	208,9	21,8	236,8	22,9	1.456,9	1.814,9	154,3	
05/06	84,8	12,2	26,4	5,2	7,7	2,7	92,1	8,8	45,4	8,1	11,9	2,8	99,5	9,4	347,8	233,5	15,7	349,4	21,8	381,6	25,1	268,8	22,9	94,0	17,3	1.305,3	1.653,1	149,8	
06/07	111,0	8,3	37,5	5,3	51,2	5,5	10,1	3,8	49,0	5,9	189,1	11,2	205,3	18,4	653,2	241,8	21,0	261,4	21,0	248,8	22,9	254,1	21,7	244,0	24,8	1.250,1	1.903,3	169,6	
07/08	89,8	16,8	44,3	8,9	18,5	3,9	38,5	6,9	54,4	8,3	51,2	6,1	308,6	18,3	602,3	126,2	14,1	503,5	28,3	225,5	24,0	329,4	24,1	213,3	23,9	1.397,9	2.000,2	181,6	
MÉDIA HISTÓRICA	108,5		66,8		44,5		39,9		74,9		71,5		133,4		539,6		203,2		254,8		304,5		292,3		183,8		1.238,6	1.778,2	-
Dif. (%)	-18,16		-33,72		-58,46		-8,58		-27,40		-28,38		131,42		11,63		-37,90		97,58		-25,93		12,69		16,04		12,86	12,48	

*MÉDIA HISTÓRICA DAS ÚLTIMAS 25 SAFRAS em mm

Dif. (%) = chuva(mm) mensal 07/08 sobre média histórica mensal.

FONTE: NATT/CRPAAA

Elaboração: Depto. Técnico SINDAÇUCAR-AL

<i>Data</i>	<i>LOCAL</i>	<i>Prof</i> <i>(m)</i>	<i>Temp</i> <i>(°C)</i>	<i>Sal</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i> <i>(%)</i>	<i>Si(OH)₄</i> <i>(μM)</i>	<i>PO₄</i> <i>(μM)</i>	<i>NO₂</i> <i>(μM)</i>	<i>NO₃</i> <i>(μM)</i>	<i>NH₄</i> <i>(μM)</i>	<i>Clorf</i> <i>(μg/L)</i>	<i>MPS</i> <i>(mg/L)</i>
Agosto 2006	Manguaba <i>(n=13)</i>	2,47 <i>(± 1,0)</i>	26,19 <i>(± 0,3)</i>	0,16 <i>(± 0,1)</i>	8,09 <i>(± 0,6)</i>	94,58 <i>(± 7,0)</i>	159,26 <i>(± 43,6)</i>	0,44 <i>(± 0,2)</i>	0,20 <i>(± 0,1)</i>	2,43 <i>(± 2,7)</i>	1,22 <i>(± 0,3)</i>	23,99 <i>(± 7,8)</i>	- -
	Mundaú <i>(n=7)</i>	1,71 <i>(± 0,5)</i>	25,98 <i>(± 0,1)</i>	2,10 <i>(± 2,4)</i>	8,86 <i>(± 0,7)</i>	89,04 <i>(± 4,0)</i>	134,71 <i>(± 63,1)</i>	0,39 <i>(± 0,4)</i>	0,24 <i>(± 0,3)</i>	4,06 <i>(± 6,3)</i>	1,47 <i>(± 1,1)</i>	55,34 <i>(± 44,8)</i>	- -
	Canais <i>(n=7)</i>	3,43 <i>(± 2,1)</i>	25,93 <i>(± 0,3)</i>	12,99 <i>(± 5,6)</i>	8,05 <i>(± 0,2)</i>	91,57 <i>(± 6,9)</i>	86,30 <i>(± 19,5)</i>	0,15 <i>(± 0,1)</i>	0,03 <i>(± 0,01)</i>	1,17 <i>(± 1,5)</i>	0,91 <i>(± 0,3)</i>	20,46 <i>(± 11,3)</i>	- -
	Rios <i>(n=1)</i>	3,05 -	25,75 -	0,17 -	8,15 -	91,20 -	176,22 -	1,34 -	0,55 -	17,19 -	5,32 -	4,90 -	- -
Março 2007	Maguaba <i>(n=38)</i>	- -	29,53 <i>(± 0,8)</i>	3,33 <i>(± 1,7)</i>	- -	70,93 <i>(± 26,2)</i>	119,22 <i>(± 29,6)</i>	1,33 <i>(± 0,6)</i>	0,86 <i>(± 0,4)</i>	13,23 <i>(± 11,6)</i>	2,96 <i>(± 1,6)</i>	34,58 <i>(± 20,1)</i>	48,94 <i>(± 19,5)</i>
	Mundaú <i>(n=16)</i>	- -	29,62 <i>(± 0,8)</i>	2,95 <i>(± 2,1)</i>	- -	65,22 <i>(± 16,6)</i>	142,75 <i>(± 63,5)</i>	2,29 <i>(± 0,9)</i>	2,44 <i>(± 1,1)</i>	17,27 <i>(± 10,5)</i>	7,21 <i>(± 1,8)</i>	3,80 <i>(± 3,9)</i>	35,06 <i>(± 24,7)</i>
	Canais <i>(n=24)</i>	- -	29,71 <i>(± 0,9)</i>	11,00 <i>(± 6,6)</i>	- -	69,91 <i>(± 17,5)</i>	79,06 <i>(± 17,2)</i>	0,88 <i>(± 0,7)</i>	0,73 <i>(± 0,6)</i>	10,58 <i>(± 12,8)</i>	5,40 <i>(± 5,3)</i>	32,88 <i>(± 21,5)</i>	34,15 <i>(± 14,7)</i>
	Mar <i>(n=2)</i>	- -	28,85 <i>(± 0,2)</i>	- -	- -	39,50 <i>(± 36,1)</i>	66,22 <i>(± 13,9)</i>	0,52 <i>(± 0,1)</i>	0,43 -	7,60 <i>(± 9,7)</i>	1,25 <i>(± 1,3)</i>	3,70 <i>(± 2,9)</i>	27,30 <i>(± 13,2)</i>
	Rios <i>(n=14)</i>	- -	29,12 <i>(± 1,2)</i>	0,34 <i>(± 0,8)</i>	- -	50,20 <i>(± 38,4)</i>	154,78 <i>(± 33,2)</i>	2,38 <i>(± 0,6)</i>	1,60 <i>(± 1,2)</i>	30,81 <i>(± 15,5)</i>	3,91 <i>(± 0,8)</i>	4,76 <i>(± 3,6)</i>	82,27 <i>(± 33,1)</i>

<i>Data</i>	<i>LOCAL</i>	<i>Prof</i> (m)	<i>Temp</i> (°C)	<i>Sal</i>	<i>pH</i>	<i>OD</i> (%)	<i>Si(OH)₄</i> (µM)	<i>PO₄</i> (µM)	<i>NO₂</i> (µM)	<i>NO₃</i> (µM)	<i>NH₄</i> (µM)	<i>Clorf</i> (µg/L)	<i>MPS</i> (mg/L)
Setembro e Outubro 2007	Manguaba (n=36)	1,91 (± 1,2)	27,28 (± 0,8)	0,70 (± 0,9)	8,72 (± 0,7)	- -	121,11 (± 55,5)	0,72 (± 0,5)	0,60 (± 0,3)	2,69 (± 4,3)	2,57 (± 1,6)	58,82 (± 25,7)	30,94 (± 11,1)
	Mundaú (n=27)	2,08 (± 0,1)	28,93 (± 1,8)	3,20 (± 1,1)	8,78 (± 0,4)	- -	117,52 (± 38,1)	0,78 (± 0,4)	0,59 (± 0,3)	4,06 (± 5,4)	2,66 (± 2,1)	56,42 (± 25,8)	51,42 (± 34,2)
	Canais (n=56)	3,56 (± 1,4)	27,92 (± 1,0)	11,09 (± 8,4)	8,41 (± 0,7)	85,30 -	44,85 (± 26,9)	0,46 (± 0,4)	0,48 (± 0,4)	1,18 (± 1,6)	2,51 (± 2,0)	39,05 (± 28,3)	50,00 (± 17,8)
	Rios (n=16)	2,40 (± 1,1)	27,17 (± 1,6)	0,54 (± 1,7)	7,84 (± 0,6)	80,70 -	116,74 (± 52,9)	1,23 (± 0,6)	1,01 (± 0,6)	6,03 (± 3,2)	3,96 (± 2,3)	11,08 (± 4,9)	26,55 (± 2,1)
	Mar (n=2)	10,00 (± 2,8)	27,35 (± 0,1)	30,45 (± 1,8)	- -	- -	18,85 (± 0,5)	0,24 (± 0,2)	0,19 (± 0,1)	2,59 (± 3,4)	2,08 (± 0,7)	11,60 -	52,14 -
Fevereiro 2008	Manguaba (n=33)	1,77 (± 0,6)	30,25 (± 0,5)	5,41 (± 2,9)	8,44 (± 1,0)	103,22 (± 29,7)	92,32 (± 57,5)	1,39 (± 0,9)	0,23 (± 0,2)	88,58 (± 136,7)	2,86 (± 2,7)	47,64 (± 69,5)	22,63 (± 22,3)
	Mundaú (n=20)	1,50 (± 1,0)	30,00 (± 0,7)	13,96 (± 5,5)	8,13 (± 0,5)	- -	82,94 (± 31,9)	0,69 (± 0,4)	0,22 (± 0,2)	103,87 (± 161,1)	2,80 (± 3,3)	19,68 (± 8,7)	11,48 (± 4,4)
	Canais (n=39)	3,22 (± 1,8)	29,74 (± 0,8)	25,19 (± 9,1)	8,26 (± 0,3)	94,65 (± 6,6)	40,41 (± 33,3)	0,34 (± 0,4)	0,12 (± 0,1)	61,70 (± 93,0)	1,90 (± 1,4)	11,47 (± 11,6)	13,25 (± 8,7)
	Rios (n=15)	2,04 (± 1,5)	29,73 (± 1,1)	0,18 (± 0,4)	6,82 (± 0,6)	- -	88,82 (± 77,5)	0,91 (± 0,6)	0,51 (± 0,3)	269,22 (± 205,8)	3,35 (± 3,1)	10,97 (± 23,2)	11,41 (± 3,9)
	Mar (n=6)	16,00 (± 2,2)	- -	36,50 (± 0,9)	8,33 (± 0,02)	- -	13,92 (± 10,7)	0,14 (± 0,1)	0,11 (± 0,04)	9,26 (± 3,9)	1,14 (± 0,6)	0,56 (± 0,5)	6,13 (± 3,0)