

Artigo

Varição Sazonal de Mercúrio Total em Sururus (*Mytella charruana*, Orbigny, 1842) de uma Laguna Tropical, NE, Brasil

Higino, P. A. S.; Jesus, T. B.; Carvalho, C. E. V.;* Tonial, L. S. S.; Calado, T. C. S.

Rev. Virtual Quim., 2012, 4 (4), 393-404. Data de publicação na Web: 29 de abril de 2012

<http://www.uff.br/rvq>**Seasonal Variation of Total Mercury in Mussels (*Mytella charruana*, Orbigny, 1842) from a Tropical Lagoon, NE, Brazil**

Abstract: The aim of the present study was to investigate the total mercury (Hg) seasonal variation in soft tissue of a mussel (*Mytella charruana*) in distinct size classes from a tropical lagoon, verifying the risk for local human populations that have this organism as their main protein source. The study area was considered by the literature as being rich in anthropogenic activities well known as important sources of pollutants to the environment like the sugarcane agro industry, which in the past used mercury fungicides on the sugarcane plantations. Mussel samples were manually sampled in the field by divers in dry and rainy periods and divided into distinct class sizes (15-20; 20-25; 25-30; 30-35; 35-40 mm). All the samples suffered digestion with strong acids mixture before mercury determination by ICP/AES (Varian, model Liberty II) with vapor generating accessory (VGA-77). The lowest average total mercury concentration was observed in the rainy period of August 2006 ($132.4 \pm 17.5 \mu\text{g.kg}^{-1}$) and the highest was observed in the dry period of March 2007 ($202.4 \pm 76.3 \mu\text{g.kg}^{-1}$). Although some variance on the average Hg concentrations was observed no significant statistical difference was observed between the dry and the rainy periods. On the other hand, a significant statistical difference was observed among the class sizes, where individuals of smaller sizes presented higher Hg concentrations when compared with the larger size classes in both of the studied periods.

Keywords: Heavy metals; mollusks; contamination; lagoon.

Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar a variação sazonal de mercúrio total (Hg) em tecidos moles de sururu (*Mytella charruana*) de diferentes tamanhos da lagoa de Mundaú, e o possível risco à saúde das populações humanas da região que possuem este organismo como principal fonte de proteína animal em suas dietas. A área de estudo segundo a literatura pode ser considerada como rica em atividades antropogênicas conhecidamente poluidoras como a agroindústria de cana de açúcar que no passado utilizava pesticidas a base de mercúrio. Amostras de moluscos foram manualmente coletadas em quatro épocas do ano (2006-a 2008), duas na estação seca e duas na estação chuvosa e depois separadas em classes de tamanho (15-20; 20-25; 25-30; 30-35; 35-40 mm). Para a determinação do mercúrio foi utilizado o método de extração descrito por Bastos *et al.* Todas as determinações de mercúrio em amostras de tecido muscular foram realizadas por ICP-AES da Varian (modelo Liberty II) e acessório de geração de vapor frio (VGA-77). A menor concentração média de mercúrio total foi observada no período chuvoso de agosto de 2006 ($132,4 \pm 17,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$), e a maior no período seco de março de 2007 ($202,4 \pm 76,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$). Apesar desta variabilidade, não foram observadas diferenças significativas das concentrações médias de Hg entre a estação seca e a chuvosa. Por outro lado, foi observada uma diferença estatística significativa nas concentrações médias em relação ao tamanho dos organismos. Indivíduos menores apresentaram as maiores concentrações e estas decrescem com o aumento do seu comprimento.

Palavras-chave: Metais pesados; molusco; contaminação.

* Universidade Estadual do Norte Fluminense, Laboratório de Ciências Ambientais, CBB, Av. Alberto Lamego nº 2000 Horto, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

✉ carvalho@uenf.br

DOI: [10.5935/1984-6835.20120030](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20120030)

Variação Sazonal de Mercúrio Total em Sururus (*Mytella charruana*, Orbigny, 1842) de uma Laguna Tropical, NE, Brasil

Pedro Américo S. Higino,^a Taíse B. de Jesus,^b Carlos Eduardo V. de Carvalho,^{a,*} Liliane S. S. Tonial,^c Tereza Cristina dos S. Calado^c

^aUniversidade Estadual do Norte Fluminense, Laboratório de Ciências Ambientais, CBB, Av. Alberto Lamego nº 2000 Horto, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

^bUniversidade Estadual de Feira de Santana, DEXA, Av. Transnordestina, s/nº, Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana, Bahia, Brasil.

^cUniversidade Federal de Alagoas, Laboratório de Biologia Marinha, Rua Aristeu de Andrade, 452, Farol, CEP 57.021-090, Maceió, Alagoas, Brasil.

* carvalho@uenf.br

Recebido em 7 de dezembro de 2011. Aceito para publicação em 13 de março de 2012

1. Introdução
2. Materiais e Métodos
3. Resultados
4. Variação sazonal da concentração de mercúrio total
5. Variação da concentração de mercúrio total entre as classes de tamanho
6. Discussão
7. Conclusões

1. Introdução

Os metais pesados ocorrem naturalmente no ambiente em pequenas concentrações, porém, são considerados perigosos em altas concentrações devido à sua toxicidade e persistência no ambiente.¹ O aumento da concentração desses elementos em todos os compartimentos de ecossistemas aquáticos é principalmente causado pelo homem,² contaminando diversas espécies de invertebrados que são utilizados como alimento,³ representando perigo para os humanos e a vida selvagem.⁴

A concentração de elementos-traço nos tecidos de invertebrados depende de diversos parâmetros ambientais,^{5,6} como, por exemplo, salinidade e temperatura da água, conteúdo de matéria orgânica,

composição geoquímica do material particulado em suspensão e do sedimento, níveis de oxigênio dissolvido, fluxo da água e o estágio de desenvolvimento do organismo. Além destes fatores, o impacto antropogênico e a forma química do contaminante são fatores relevantes.^{5,7}

Dentre os metais pesados, o mercúrio não é um elemento essencial, pois não participa de nenhum processo metabólico conhecido, mas sim um importante poluente devido ao seu elevado potencial tóxico e sua alta capacidade de bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia trófica, despertando assim uma grande preocupação ambiental. É importante lembrar que mesmo em baixas concentrações o mercúrio pode ser tóxico. Devido a sua lipossolubilidade, quando absorvido pelo organismo humano é transportado através da

circulação sanguínea para órgãos que possuem maior afinidade, como rins, fígado, músculos e cérebro, atravessando as membranas das células.⁸

Este elemento ocorre naturalmente no ambiente na forma de mercúrio elementar (Hg^0) e em dois estados de oxidação: íon mercurioso (Hg_2^{2+}) e íon mercúrico (Hg^{+2}).⁷ A conversão entre as diversas formas do mercúrio torna a sua distribuição no meio ambiente bastante complexa de ser compreendida. Os diversos compostos de mercúrio interagem entre si de acordo com diversos fatores característicos de cada ambiente. Estas interações em última análise controlarão as principais etapas dos ciclos ambientais, sejam eles regionais ou globais.⁹

No ecossistema aquático, em especial, este elemento quando oxidado ou organificado, torna-se mais tóxico, contaminando a biota presente neste ecossistema.¹⁰ A atividade garimpeira é uma importante fonte antropogênica poluidora,¹¹ seguida de outras atividades como o uso de fungicidas organo-mercuriais, utilizados por muitos anos na

agricultura (cana-de-açúcar) e em atividades industriais.¹²

O objetivo do presente estudo foi avaliar a variação sazonal de mercúrio total (Hg) em tecidos moles de sururu (*Mytella charruana*) de diferentes classes de tamanho da lagoa de Mundaú, verificando o possível risco à saúde das populações humanas da região que possuem este organismo como principal fonte de proteína animal em suas dietas.

2. Materiais e Métodos

A área de estudo compreendeu a laguna Mundaú (figura 1), situada 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 (Figura 1), banhando os municípios de Maceió, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco e Pilar.

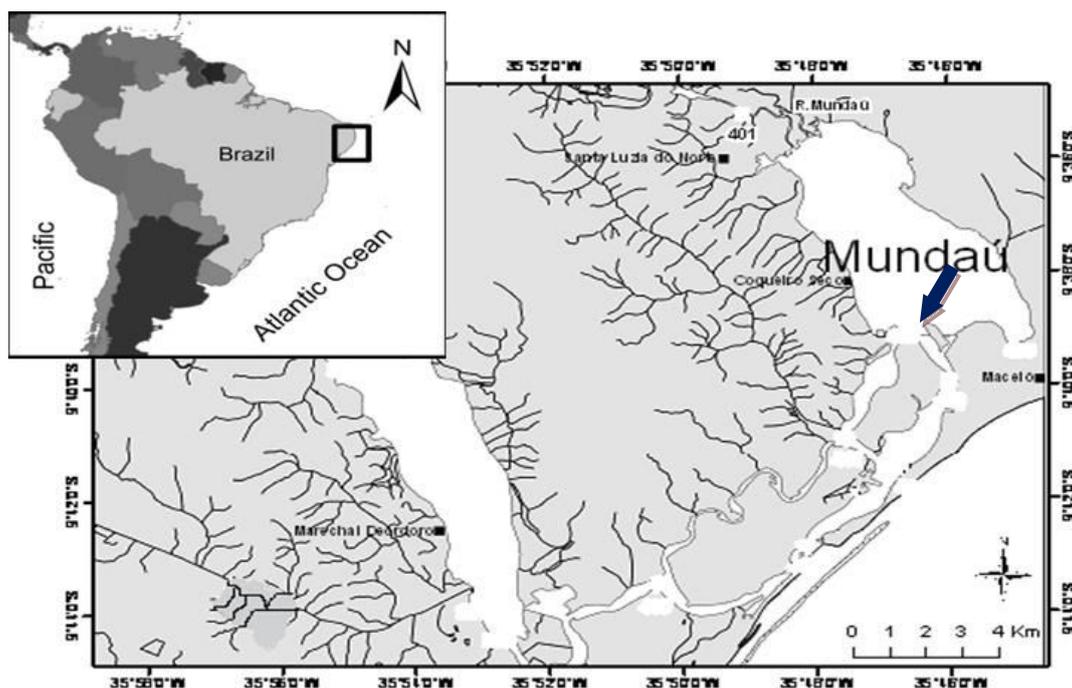


Figura 1. Lagoa Mundaú, Maceió, AL, a seta representa o local das coletas

A lagoa de Mundaú faz parte de um complexo que possui uma área aproximada de 50 km² sendo constituído pelas lagoas Mundaú e Manguaba. Estas são interligadas por uma série de canais que convergem para uma única desembocadura.^{13,14} 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.¹³ Os canais das lagoas Mundaú e Manguaba se encontram sobre os sedimentos da Bacia Sergipe/Alagoas.¹⁵

Mudanças geológicas e geomorfológicas, 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).^{16,17}

O clima da região é tropical,¹⁸ onde se observa duas estações bem definidas (Figura 2). 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.¹³

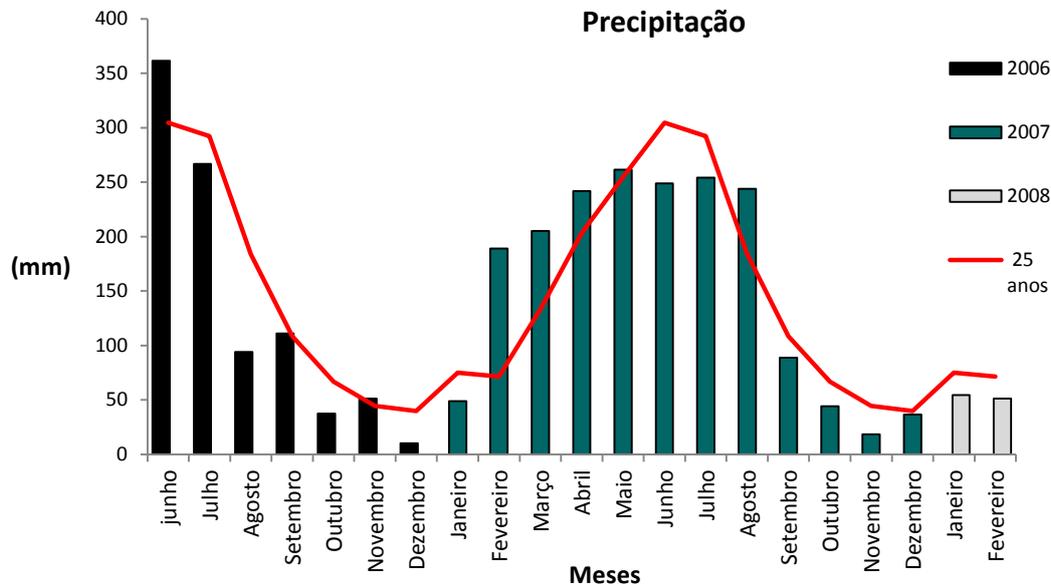


Figura 2. Precipitação mensal de Maceió – AL nos anos de 2006, 2007 e 2008 e a média mensal nos últimos 25 anos contando de 2008 (NATT/CRPAAA Elaboração: Depto. Técnico SINDAÇUCAR-AL)

Entre março e agosto as chuvas já chegaram a alcançar 73% do total anual e entre setembro e fevereiro atingem apenas 27%, sendo esse regime pluviométrico estacional caracterizado por outono-verão chuvoso e verão seco com raras precipitações, típico de regiões de baixa latitude.¹⁵

O CELMM/AL é de grande importância do ponto de vista socioeconômico, tendo uma intensa atividade

pesqueira tradicional.¹⁹ Sendo o sururu (*M. charruana*) o principal recurso explorado nesse ecossistema, um grande contingente populacional, em especial os moradores que vivem às margens da laguna Mundaú dependem da exploração desse molusco, tanto para sua subsistência quanto para comercialização (Figura 3).²⁰



Figura 3. *Mytella charruana*, molusco conhecido popularmente como sururu no nordeste brasileiro (Fonte: Dr. T. C Jennerjahn e Internet)

Essa região é referida pela literatura como um “eco complexo mutiestressado”,¹⁵ pois se somam ao estresse natural, inerente aos ecossistemas estuarinos, grupos de estresse antropogênicos, como por exemplo, a formação de favelas às margens da laguna, agroindústria, turismo e diversas outras 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.¹⁵

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 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 as duas lagoas estudadas.²⁰

O molusco *Mytella charruana* é um bivalve da Família Mytilidae. Ocorre junto às raízes da vegetação de manguezais e na região entre marés de praias arenosas. Esse pescado foi comprado diretamente com pescadores que os retiram manualmente do sedimento da laguna estudada (Figura 4).



Figura 5. Exploração e comercialização do molusco (*M. charruana*) pela população local na Lagoa de Mundaú (Foto Dr. T. C Jennerjahn)

Foram realizadas quatro coletas, duas representando a estação chuvosa, agosto de 2006 e setembro de 2007 e as demais representando o período de seca, março de 2007 e fevereiro de 2008. As coletas foram realizadas no final de cada estação visando avaliar a influência de todo o período (seco ou chuvoso) sobre a concentração de mercúrio nestes organismos.

Após a coleta, as amostras foram transportadas para o laboratório e congeladas (-18 °C) até o momento das análises. No laboratório, os indivíduos

foram separados em classes de tamanho (0-5 mm; 5-10 mm; 10-15 mm; 15-20 mm; 20-25 mm; 25-30 mm; 30-35 mm; 35-40 mm; 40-45 mm), sendo posteriormente as partes moles separadas e secas em estufa (40°C/48h).

Após a secagem, as amostras foram maceradas em gral de porcelana até a obtenção de um pó fino. As amostras em pó foram pesadas em triplicata ($\pm 1,000$ g) e levadas para a digestão ácida, seguindo metodologia descrita por Bastos e cols.²¹

À cada alíquota de 1g de tecido muscular do

molusco adicionou-se 1 mL de H₂O₂ 30% (em gelo) e, em seguida, 3 mL, em porções 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 completar a solubilização, adicionando-se 5 mL de KMnO₄ 5% e aquecendo-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 eliminação do excesso do KMnO₄, filtradas em seguida, e o volume aferido a 20 mL utilizando água desmineralizada.²¹

Testes de precisão e de acuracidade foram realizados através da determinação de mercúrio em amostra padrão de referência de peixe – DORM 1 – (tecido muscular do Dogfish *squalus sp*) fornecida pela *Marine Analytical Chemistry Standarts Programs*, Canadá. Maiores detalhes podem ser obtidos em Ferreira e col.⁹ Além disso, para verificação de possíveis contaminações, foram analisados brancos para cada grupo de dez amostras.

Todas as determinações de mercúrio das partes moles das amostras foram realizadas por ICP-AES da Varian (modelo Liberty II) e acessório de geração de vapor frio (VGA-77).

O limite de detecção do método calculado foi de 0,5 ppb. O cálculo seguiu a metodologia descrita por Skoog & Leary²² de acordo com a equação:

$$LD = 3 \cdot s / a$$

Onde, s é igual ao desvio padrão de 10 leituras do branco da curva e a é igual ao coeficiente angular da curva analítica.²²

A determinação da umidade foi feita segundo o método descrito no compêndio de normas analíticas do Instituto Adolf Lutz.²³ 5g de cada amostra em placa de Petri, previamente limpas e taradas, foram levadas à estufa na temperatura de 60 °C, e mantidas por 48 horas. As operações de aquecimento e resfriamento das amostras foram repetidas até que se obtivesse peso constante. Em seguida, foi calculado o percentual de umidade, posteriormente utilizado para a conversão dos resultados obtidos nas amostras secas para peso úmido.

O teste estatístico utilizado foi *Anova – one way*: Teste de Tukey a 5%, para a comparação de médias através da ferramenta *Statistica* versão 7.0. Os dados apresentaram distribuição normal de acordo com o teste Kolmogorov-smirnov à 5% de significância.

3. Resultados

O número de indivíduos analisados em cada classe de tamanho se encontra na Tabela 1.

Tabela 1. Número de indivíduos analisados por classe de tamanho em cada uma das quatro estações amostradas

Classe de Tamanho	Nº de indivíduos
5-10 mm (espaço)	190
10-15 mm	155
15-20 mm	125
20-25 mm	90
25-30 mm	65
30-35 mm	45
35-40 mm	30

4. Variação sazonal da concentração de mercúrio total

Os valores das concentrações médias dos períodos estudados estão na tabela 2, juntamente com os valores determinados para cada classe de tamanho analisada. Sendo a menor e a maior concentração média de mercúrio referente ao período chuvoso de agosto de 2006 ($132,4 \pm 17,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$) e ao período seco de março de 2007 ($202,4 \pm 76,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$), respectivamente.

Tabela 2. Concentração média e desvio padrão de mercúrio total ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) em *Mytella charruana* da laguna Mundaú para as quatro estações amostradas

Classes de tamanho (mm)	Agosto (2006)	Março (2007)	Setembro (2007)	Fevereiro (2008)
10-15	-	-	148,8 \pm 12,3	-
15-20	134,7 \pm 4,4	-	151,7 \pm 10,7	-
20-25	154,2 \pm 17,0	312,2 \pm 137,7	150,2 \pm 9,7	138,9 \pm 15,6
25-30	108,2 \pm 0,6	193,2 \pm 22,2	156,7 \pm 9,1	141,7 \pm 10,7
30-35	-	140,6 \pm 21,3	146,8 \pm 6,9	145,3 \pm 9,2
35-40	-	163,7 \pm 7,4	-	138,8 \pm 5,2
Média	132,4	202,4	150,8	141,2
Desvio Padrão	17,5	76,3	3,3	3,1

De acordo com a análise estatística, não há diferenças significativas entre as concentrações médias deste metal pesado nas estações amostradas (Figura 4). No entanto, a concentração média

detectada nas amostras coletadas em março de 2007 apresentou valor consideravelmente superior quando comparado com as coletas realizadas nos outros períodos.

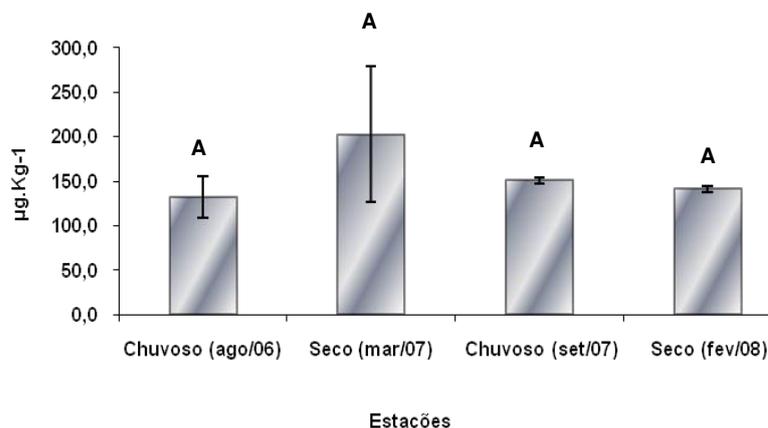


Figura 4. Concentração média de mercúrio total em *Mytella charruana* da laguna de Mundaú para as 4 estações amostradas. Letras iguais não apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,005$) para a comparação de médias

5. Variação da concentração de mercúrio total entre as classes de tamanho

Através do teste estatístico (Tukey a 5% de probabilidade) para comparação das concentrações médias obtidas nas classes de tamanho referentes às amostras coletadas em agosto de 2006, podemos observar apenas diferença significativa entre as classes de 20-25 mm e 25-30 mm (Figura 5).

Para as demais campanhas (Março de 2007; Setembro de 2007 e Fevereiro de 2008) não foi

verificado diferença estatística significativa entre as classes analisadas neste estudo.

Na estação seca de março de 2007 podemos verificar uma tendência onde as maiores concentrações estão nos menores organismos (Figura 6), havendo um decréscimo dessa concentração com o aumento de tamanho.

Nas duas últimas amostragens deste trabalho, as concentrações médias de mercúrio entre as classes de tamanho não apresentaram nenhuma diferença entre elas (figuras 7 e 8).

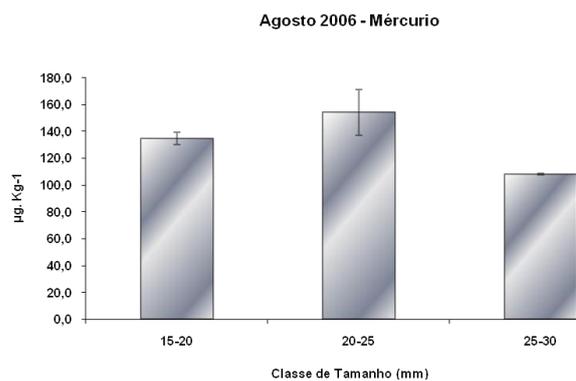


Figura 5. Concentração média de mercúrio total de *Mytella charruana* da Laguna Mundaú para cada classe de tamanho referente ao período chuvoso de agosto de 2006. Letras iguais não apresentam diferença significativa e letras diferentes apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias

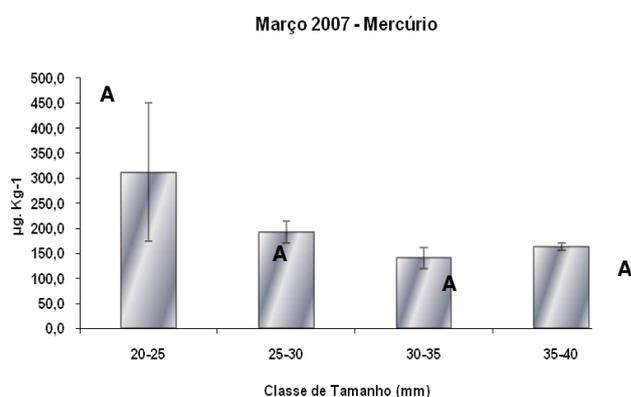


Figura 6. Concentração média de mercúrio total de *Mytella charruana* da Laguna Mundaú para cada classe de tamanho referente ao período seco de março de 2007. Letras iguais não apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para a comparação de médias

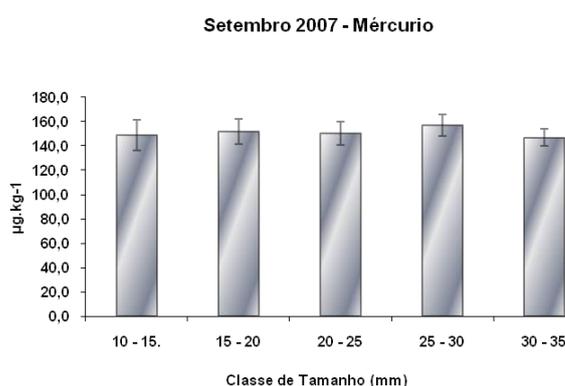


Figura 7. Concentração média de mercúrio total de *Mytella charruana* da Laguna Mundaú para cada classe de tamanho referente ao período chuvoso de setembro de 2007. Letras iguais não apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para a comparação de médias

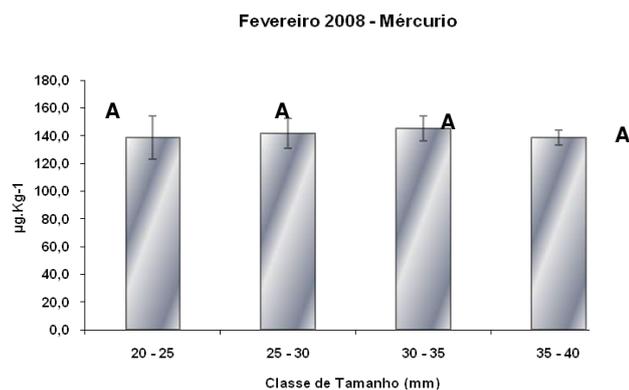


Figura 8. Concentração média de mercúrio total de *Mytella charruana* da Laguna Mundaú para cada classe de tamanho referente ao período seco de fevereiro de 2008. Letras iguais não apresentam diferença significativa de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$) para a comparação de médias

Na Figura 9 todas as concentrações de mercúrio total são apresentadas (classes de tamanho das 4 estações estudadas), possibilitando uma melhor comparação e visualização das variações das concentrações.

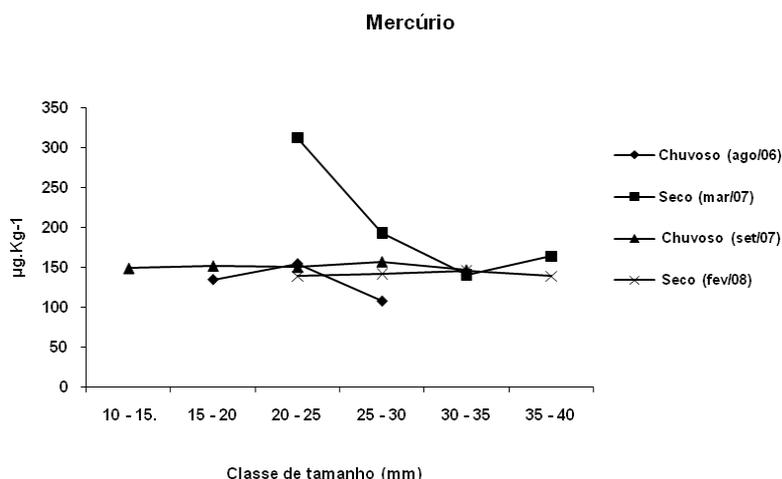


Figura 9. Variações das concentrações de mercúrio total nas classes de tamanho das quatro estações amostradas

6. Discussão

Estatisticamente não foram observadas diferenças sazonais significativas entre os quatro períodos de coleta. No entanto, se notou que no mês de março foi obtida a maior média entre as concentrações. Esse valor elevado em março de 2007 se deu basicamente devido aos altos valores medidos nos indivíduos juvenis, ou seja, nas menores classes de tamanho.

De acordo com Cossa e Rondeau²⁴ e com Kock e Kramer,²⁵ as concentrações de metais pesados nos organismos não dependem apenas das suas

concentrações no ambiente, mas também de numerosos fatores ambientais e do metabolismo do organismo, como por exemplo, mudanças da biodisponibilidade destes elementos no ambiente, atividade de reprodução dos moluscos ou mudanças das condições hidrológicas.

Em março de 2007, o volume de precipitação foi de 205,3 mm, quatro vezes maior que o outro período seco amostrado (51,2 mm) em fevereiro de 2008. Este fato poderia favorecer o aumento da biodisponibilidade do mercúrio devido ao aumento da ressuspensão do sedimento, possivelmente contaminado, como resultado do maior volume de chuva.²⁶

Apesar de não termos observado uma variação sazonal com diferenças estatísticas significativas entre os períodos seco e chuvoso, como citado acima, foi possível observar que o Hg apresentou um comportamento que parece refletir a variação da precipitação pluviométrica, ou seja, em março de 2007 onde observamos elevada precipitação, detectamos também os maiores valores de Hg no sururu. Isto indica que apesar do aumento do volume de água do corpo hídrico, observamos uma elevação das concentrações de Hg no molusco. Desta forma, pode-se, pelo menos neste período, dizer que o Hg presente na laguna não sofreu diluição pelo aumento da massa de água, mas sim um acréscimo, o que sugere que neste período a principal fonte de Hg para o sistema deva ser os solos da bacia de drenagem. Solos estes que podem conter fungicidas mercuriais que no passado foram largamente utilizados nas plantações de cana de açúcar. Este tipo de comportamento de metais pesados já foi anteriormente descrito pela literatura para bacias de drenagem dominadas por monocultura de cana de açúcar.²⁶⁻²⁸

A biodisponibilidade do mercúrio é altamente dependente de características meteorológicas e oceanográficas da área estudada, porque estes fatores influenciam o conteúdo e a especiação deste metal na água, modificando também a taxa metabólica e o comportamento fisiológico do organismo, o que pode alterar o acúmulo de mercúrio em diferentes estágios de maturação do sururu.²⁹

Segundo Liao e cols.,³⁰ altas concentrações em indivíduos juvenis podem ocorrer devido à maior sensibilidade destes indivíduos à ação dos poluentes quando comparados aos adultos, podendo assim absorver mais os contaminantes presentes na água. Além disto, os indivíduos juvenis possuem também um metabolismo mais acelerado, tendo em vista que estão em fase de crescimento, quando a divisão celular é mais intensa. Desta forma, alguns metais

pesados podem ser preferencialmente absorvidos e, com isto, apresentarem concentrações mais elevadas do que em indivíduos adultos.³¹

Otchere e cols.³² em estudo sobre a variação das concentrações de mercúrio em moluscos considerando diferentes classes de tamanho, observaram o mesmo padrão que o presente estudo, ou seja, maiores concentrações nos indivíduos de classes de tamanho inferior e atribuíram este padrão ao efeito da “diluição pelo crescimento”. Segundo estes autores, o aumento do tamanho do organismo causaria uma diluição da concentração do contaminante, ocasionando um decréscimo das concentrações nos organismos de classes de tamanho maiores.

Por outro lado, Brix e Lyngby³³ e Viarengo³⁴ encontraram um comportamento inverso, onde os indivíduos maiores acumulam mais metais do que os menores. Segundo estes autores, isso pode ocorrer devido à ligação dos metais pesados acumulados com proteínas de baixo peso molecular do organismo, como por exemplo, metalotioneína ou com as membranas das vesículas que atuam no processo de desintoxicação. Estes processos são induzidos pela exposição a altas concentrações e também podem estar relacionado ao acúmulo de contaminantes com o aumento da idade dos indivíduos.^{35,36}

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO)³⁷ e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA),³⁸ para recursos pesqueiros, como por exemplo, o sururu estudado (*Mytella charruana*), a concentração máxima de mercúrio permitida para o consumo humano é de 500 µg.kg⁻¹ (peso úmido). As concentrações medidas nesse trabalho se encontram em peso seco. No quadro abaixo as concentrações foram convertidas para peso úmido. Assim, pode-se perceber que as concentrações de mercúrio no presente estudo estão abaixo do limite permitido pelos órgãos reguladores acima citados.

Tabela 3. Quadro comparativo das concentrações médias de mercúrio em *Mytella charruana* com outros estudos com moluscos. (*Peso úmido)

Autor	Organismos	Área de estudo	Média (µg. kg ⁻¹)
Kehrig e col. ¹	<i>Perna perna</i>	Baía de Guanabara	41,5+ 8,1*
Machado ³⁹	<i>Crassostrea brasiliiana</i>	Estuário de Cananéia	20,0+6,0
Kljakovic-Gaspic ⁴⁰	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Baía de Kastela	138-325
Otchere e col. ³³	<i>Perna perna</i>	Benya	370
Presente estudo	<i>Mytella charruana</i>	Laguna Mundaú	202,4 ± 76,3
Presente estudo	<i>Mytella charruana</i>	Laguna Mundaú	60,1± 22,2*
OMS ³⁸	Pescado	-	500*
Anvisa ³⁹	Pescado	-	500*

Quando comparamos com outros trabalhos, notamos que os valores encontrados na laguna Mundaú (presente estudo) estão numa faixa intermediária, entre os valores reportados por outros autores em estudos realizados em áreas consideradas contaminadas e não contaminadas.

Kehrig e cols.¹ ao avaliarem a concentração de mercúrio na espécie *Perna perna*, em estudo na Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, encontraram valores de 41,5 µg.kg⁻¹ de Hg total, apesar deste local ser considerado contaminado. No entanto, como essa área possui uma elevada concentração de material particulado em suspensão, o mercúrio, segundo estes autores, provavelmente estaria associado ao material particulado em suspensão, diminuindo sua disponibilidade e, por conseguinte a concentração deste elemento nos organismos.

Machado e cols.³⁹ encontraram uma concentração média 20,0 µg.kg⁻¹ de Hg em ostras no estuário de Cananéia em São Paulo, sendo essa área de estudo considerada pelos autores como livre de contaminação. Em outro trabalho realizado com moluscos bivalves na Baía de Kastela, Croácia, os organismos foram transplantados de um local considerado livre de contaminação para outro considerado como contaminado, e sendo que os resultados da área contaminada chegaram a atingir valores entre 138 e 325 µg. kg⁻¹ valores mínimos e máximos respectivamente. Otchere e cols.³² em Gana, na Lagoa de Benya encontraram valores de até 370 µg. kg⁻¹, local também considerado como contaminado pelos autores.

7. Conclusões

Em nenhum dos períodos amostrados as concentrações de mercúrio total apresentaram valores superiores ao limite máximo permitido para consumo humano estabelecido pela ANVISA e OMS. Desta forma, conclui-se que no tocante a concentração de Hg, este item de pescado não oferece nenhum risco à saúde das populações locais que se utilizam deste molusco como principal item de sua dieta. Apesar da variabilidade, não foram observadas diferenças significativas nas concentrações médias de Hg entre a estação seca e chuvosa. Por outro lado, foi observada uma diferença estatística significativa nas concentrações médias em relação ao tamanho dos organismos, onde indivíduos menores apresentaram as maiores concentrações de Hg. Essas decrescem com o aumento do seu comprimento. As concentrações observadas no

presente estudo encontram-se acima dos valores observados em áreas livres de contaminação e próximos a valores de áreas classificadas como moderadamente contaminadas. Por isso, atenção especial deve ser tomada pelas autoridades locais para a preservação deste importante ecossistema aquático.

Agradecimentos

Esse estudo é 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) e parte do Programa Bilateral de Cooperação Científica Brasil-Alemanha – Projeto POLCAMAR (proc. nº 590002-2005-8); Financiamento: FAPERJ (Proc. E–26/111.998/2008) e CNPq (Proc. 470396;2008-3). Agradecemos ao CNPq pela bolsa de pesquisa de CEVC (proc. nº 306603/2006-3).

Referências Bibliográficas

- ¹ Kehrig, H. A.; Costa, M.; Moreira, I.; Malm, O. *Mar. Pollut. Bull.* **2002**, *44*, 1018. [CrossRef]
- ² Carvalho, C. E. V.; Faria, V. V.; Cavalcante, M. P. O.; Gomes, M. P.; Rezende, C. E. *Ecotox. Environ. Rest.* **2000**, *3*, 64. [Link]
- ³ Yusof, A. M.; Yanta, N. F.; Wood, A. K. H. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **2004**, *259*, 119. [CrossRef]
- ⁴ Fernícola, N. A. G. G.; Oliveira, S. S.; *Produtos orgânicos persistentes: POPs, Série Caderno de Referência Ambiental: Salvador, Vol. 13, 2002.*
- ⁵ Szefer, P.; Frelek, K.; Szefer, K.; Lee, C. B.; Kim, B. S.; Warzocha, J.; Zdrojewska, I.; Ciesielski, T. *Environ. Pollut.* **2002**, *120*, 423. [CrossRef]
- ⁶ United Nations Environmental Protection (UNEP) *Em Global Mercury Assessment, Switzerland, 2002, Cap. 5.*
- ⁷ Azevedo, F. A.; *Toxicologia do Mercúrio*, 1a. ed., Editora RiMa., 2003.
- ⁸ Malm, O.; Pfeiffer, W. C.; Souza, C. M. M.; Reither, R. *Ambio* **1990**, *19*, 11. [Link]
- ⁹ Ferreira, A. G., Melo, E. J. T.; Carvalho, C. E. V. *Acta Microscopica* **2003**, *12*, 49. [Link]
- ¹⁰ Westöö, G. *Acta Chem. Scand.* **1968**, *22*, 2227.

[Link]

- ¹¹ Malm, O. *Environ. Res.* **1998**, 77, 73. [CrossRef]
- ¹² Ferreira, R. C. H.; Appel, L. E. Fontes e usos de mercúrio no Brasil. Relatório Preliminar. Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, 1991. 32p. [Link]
- ¹³ Calado, T. C. S.; Sousa, E. C. *Crustáceos do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba Alagoas*, FAPEAL: Maceió, 2003.
- ¹⁴ Teixeira, R. L.; Sá, H. S. *Rev. Bras. Biol.* **1998**, 58, 393. [CrossRef]
- ¹⁵ Wanderley, P. R. M.; Lima-Santos, R. C. A.; Costa, J. A., Cavalcante, A. T. *Rev. Geoc. Dept. Geol. Top.* **1993**, 5, 55.
- ¹⁶ Lima, R. C. A.; Coutinho, P. N. *Bol. Est. Ciênc. Mar.* **1998**, 10, 139.
- ¹⁷ Santos, R. C. A. L.; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, 1998. [Link]
- ¹⁸ 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. 1980.
- ¹⁹ Marques, J. G. W.; Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 1991. [Link]
- ²⁰ Leahy, W. M. Em *Guia do meio ambiente - Litoral de Alagoas*; Sales, V., ed., 2a. ed., Secretaria de planejamento – IMA: Maceió, 1994.
- ²¹ Bastos, W. R.; Malm, O.; Pfeiffer, W. C.; Cleary, D. *Ciênc. e Cult.* **1998**, 50, 255.
- ²² Skoog, D. A.; Leary, J. J. *Principles of Instrumental Analysis*, Saunders College Publishing: Orlando, 1992.
- ²³ Zenebon, O.; Pascuet, N. S.; Tiglia, P. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*, Instituto Adolfo Lutz: São Paulo, 2008. [Link]
- ²⁴ Cossa, D.; Rondeau, J. G. *Mar. Biol.* **1985**, 88, 43. [CrossRef]
- ²⁵ Kock, W. C.; Kramer, K. J. M. Em *Biomonitoring of coastal waters and estuaries*; Kramer, K. J. M. ed.; CRC: Boca Raton, 1994.
- ²⁶ Almeida, M. G.; Rezende, C. E. ; Souza, C. M. M. *Geochimica Brasiliensis* **2007**, 21, 111. [Link]
- ²⁷ Carvalho, C. E. V., Ovalle, A. R. C., Rezende, C. E., Molisani, M. M., Salomão, M. S. M. B.; Lacerda, L. D. *Environ. Geol.* **1999**, 37, 297. [CrossRef]
- ²⁸ Almeida, M. G.; Souza, C. M. M. *Geochimica Brasiliensis* **2008**, 22, 140. [Link]
- ²⁹ Odzak, N.; Matić, M.; Kljaković-Gašpić, Z.; Zvonarić, T.; Barić, A.; *7th International Conference on Mercury as a Global Pollutant*, Ljubljana, Slovenia, 2004. [Link]
- ³⁰ Liao, C. Y.; Zhou, Q. F.; Fu, J. J.; Jiang, G. B. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **2005**, 75, 584. [CrossRef]
- ³¹ Luoma, S. N. *Sci. Total Environ.* **1983**, 28, 1. [CrossRef]
- ³² Otchere, F. A.; Joiris, C. R.; Holsbeek, L. *Sci. Total Environ.* **2003**, 304, 369. [CrossRef]
- ³³ Lyngby, J. E.; Brix, H. *Aquat. Bot.* **1982**, 14, 59. [CrossRef]
- ³⁴ Viarengo, A. *Rev. Aquat. Sci.* **1989**, 1, 295.
- ³⁵ Roesijadi, G.; Young, J. S.; Drum, A. S.; Gurtisen, J. M. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **1984**, 18, 155. [CrossRef]
- ³⁶ George, S. G.; Pirie, B. J. S. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* **1980**, 60, 575. [CrossRef]
- ³⁷ World Health Organization. Cap. 8. Em *Chemical from Industrial Sources and Human Dwellings*; Geneve, 3a. ed., 2003.
- ³⁸ Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Portaria 685 de 27 de Agosto de 1998: *Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos e seu Anexo: Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos.*
- ³⁹ Machado I. C.; Maio, F. D. de; Kira C. S.; Carvalho, M. F. H. *Rev. Inst. Adolf Lutz* **2002**, 61, 13. [Link]
- ⁴⁰ Kljaković-Gašpić, Z.; Odžaka, N.; Ujević, I.; Zvonarića, T.; Horvatc, M.; Barić, A. *Sci. Total Environ.* **2006**, 368, 199. [Link]