

## MERCÚRIO EM SEDIMENTOS DE MANGUES, CARANGUEJOS (*UCIDES CORDATUS*) E CABELOS HUMANOS EM TORNO DOS MANGUEZAIS DO NORDESTE DO PARÁ.

VILHENA, M. P. S. P.<sup>(1)</sup>; COSTA, M. L.<sup>(1,2)</sup>; BERRÊDO, J. F.<sup>(1)</sup>; SÁ, G.C.; COSTA, A.M.<sup>(1)</sup>,  
<sup>(3)</sup>SANTOS, E.O., BRABO, E. S. <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada-CG/UFPA, helpprogene@bol.com.br

<sup>(2)</sup>Pesquisador-Bolsista PQ/CNPq, mlc@ufpa.br

<sup>(3)</sup>Instituto Evandro Chagas-IEC

Rua Augusto Correia, nº 1; CEP 66075-110, Belém, PA

### ABSTRACT

Mercury in mangrove sediments, crabs (*Ucides cordatus*) and human hair from northeastern Pará State

The investigation carried out in the mangroves along the estuary of the Marapanim river in the northeastern coast of State Para, in Eastern Amazon, shows that the average content of total mercury found in mangrove sediments are practically similar to those found in the Formação Barreiras, 0.031 and 0.041  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , respectively, close to the mangroves. The muscles of male crabs display much higher values than those of the females (0.037 and 0.007  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , respectively). The mercury distribution found in hair of humans inhabiting the estuary is higher in adults (3.17  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) than in children (1.0  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ), suggesting a cumulative concentration with age. The results found in sediments, crabs and human hair are low if compared with other areas worldwide and are still below those recommended by the World Health Organization. This indicates that the studied area doesn't show any modern environmental impact and that it can be used as background in order to identify typical geochemical signature of non-impacted ecosystems in Amazon region.

### RESUMO

A investigação realizada ao longo do manguezal do estuário do rio Marapanim na costa nordeste do estado do Pará, no leste da Amazônia, mostra que o conteúdo médio de mercúrio total encontrado em sedimentos do manguezal é praticamente similar às concentrações encontradas na Formação Barreiras (0,031 e 0,041  $\mu\text{g.g}^{-1}$  respectivamente). Nos músculos dos caranguejos machos a concentração de mercúrio foi muito mais alta que nos músculos das fêmeas (0,037 e 0,007  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , respectivamente). A distribuição de Hg encontrada em cabelos humanos dos habitantes do estuário foi maior em adultos (3,17  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) do que em crianças (1,0  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ). Os resultados encontrados em sedimentos, caranguejos e cabelos humanos são baixos se comparados com outras áreas ao redor do mundo e são ainda mais baixos do que aqueles recomendados pela OMS. Isso indica que a área estudada não mostra impacto ambiental moderno e que pode ser usada como nível de base para identificar assinaturas geoquímicas típicas de ecossistemas não impactados na Amazônia.

### INTRODUÇÃO

As áreas de manguezais no Brasil estão distribuídas ao longo de todo o litoral, desde o estado do Amapá até Santa Catarina, cobrindo uma área de aproximadamente 10.000 Km<sup>2</sup> (Adaime, 1987). No entanto, a maior área encontra-se nos litorais do Amapá, Pará e Maranhão. O litoral do Pará é composto por uma

extensa área de manguezal considerada por diversos pesquisadores uma das melhores áreas de manguezais preservados do Brasil. Estes manguezais desempenham importantes funções como fonte de recursos naturais fornecendo benefícios para população humana local.

A região de Marapanim, situada no nordeste do estado do Pará, apresenta em sua

zona costeira grandes áreas de manguezais de onde são extraídos caranguejos pela população local, para o próprio consumo e também para abastecimento de cidades vizinhas.

As espécies vegetais com maior ocorrência são: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* (Costa et al., 2000). Suas raízes e troncos são intensamente colonizados por algas marinhas, que se fixam nessas estruturas (Lacerda, 1984). Os manguezais são muito sensíveis às mudanças hidrodinâmicas naturais dos ambientes marinhos e fluviais e ainda às ações antrópicas. Seus sedimentos têm capacidade de acumular metais pesados associados à matéria orgânica, à fração argilosa e à sulfetos. Os metais pesados podem ser trazidos para os manguezais através da deposição atmosférica, pela água de maré e dos rios, principalmente adsorvidos nos sedimentos em suspensão (Harbison, 1986; Lacerda et al., 1993; Vertacnik et al., 1995). Algas e plantas aquáticas absorvem entre outros metais o mercúrio. Os animais, que consomem essas algas e plantas (por exemplo, o caranguejo), podem assimilar e acumular este metal em níveis deletérios para a saúde humana (Aula et al., 1994; Wasserman et al., 2001).

O presente trabalho é parte de uma pesquisa maior que visa conhecer a inter-relação entre sedimentos de manguezal, crustáceos (caranguejo – *Ucides cordatus*) e o homem (cabelo) através dos metais pesados, sendo que neste trabalho discute-se apenas os primeiros dados de mercúrio. A região em estudo não apresenta qualquer evidência de ação antrópica capaz de introduzir metais pesados, e se apresenta como área piloto para estudo dos valores naturais dos sedimentos e sua interação com o homem.

## ÁREA DE ESTUDO

A região estudada está situada na costa nordeste do estado do Pará no município de Marapanim, a 120 Km de Belém (Figura 1). É um setor costeiro da Amazônia paraense, situado a leste da desembocadura do rio Amazonas. Segundo Faure (1999), a área de manguezal possui cerca de 130 Km<sup>2</sup>. Trata-se de uma região sem impactos ambientais, onde há predominância dos processos biogeoquímicos

naturais. Esta região encontra-se limitada pelas coordenadas geográficas de Latitude 00° 30' 00" a 01° 00' 00" S e Longitude 47° 32' 00" a 47° 00' 00" W Gr., enquadrada na folha SA23-V-A-VI (São Luis).

A região está representada principalmente por sedimentos lateritizados da Formação Barreiras e sedimentos recentes. A Formação Barreiras é constituída por siltitos, arenitos e conglomerados recobertos por latossolos amarelos. Depósitos aluvionares recentes, constituídos por cascalhos, areias e argilas inconsolidadas aparecem como faixa estreita, às vezes descontínuas, ao longo dos rios como o Marapanim, Mocajuba, Curuçá e o Caripi, e em todo o litoral, constituindo as praias e mangues. Solos Glei pouco húmicos, areias quartzosas marinhas, areias quartzosas podzólicas e Solonchak sódico (EMBRAPA, 1997), também são comuns.

A região caracteriza-se morfologicamente por seus contornos recortados com ilhas, penínsulas e baías situadas nas desembocaduras de rios de pequeno percurso, mas de desembocaduras muito amplas, onde predominam as “rias”. Observam-se também pequenas falésias, praias, manguezais e restingas (Franzlini, 1988).

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 96 amostras, sendo 22 de sedimentos de manguezal; 6 de sedimentos (solos) da Formação Barreiras; 20 de caranguejos *Ucides cordatus* (machos e fêmeas) e 48 de cabelos humanos (crianças de 1 a 12 anos; jovens de 13 a 17 anos e adultos acima de 20 anos).

As amostras de sedimentos de manguezais foram coletadas em locais de deposição lamosa em maré baixa no final do período chuvoso (junho/2002), em dois sítios (PII-200 e PII-400), espaçados de 200 m (Figuras 1). Em cada sítio, foram feitos 2 furos com profundidade de 100 cm (diâmetro de 5 cm), com uma distância de 10 cm entre eles. Os sedimentos foram seccionados em intervalos variando de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm do topo para a base. Os sedimentos do primeiro furo destinaram-se à análise química, as amostras foram envoltas em

filmes plásticos de PVC e congeladas; as do segundo, para análise físico-química e químicas, foram envolvidas em papel de alumínio e, em calhas de fibra de vidro, transportadas para o laboratório de campo e submetidas a medições de salinidade, pH e Eh, em seguida foram separadas nos intervalos acima.

Os caranguejos foram capturados em abril de 2003, pelo método de braceamento em

dois sítios do manguezal: o primeiro, próximo ao mar (sítio 1), o segundo, próximo à terra firme (sítio 2) e transportados para o laboratório de campo. Neste local, fez-se a limpeza da parte externa de cada animal que consistiu na retirada da lama, lavagem com água corrente e água destilada. Em seguida, procedeu-se às medições de comprimento, largura da carapaça e o peso úmido total. A carapaça do animal foi aberta com uma tesoura de aço inoxidável de ponta fina/

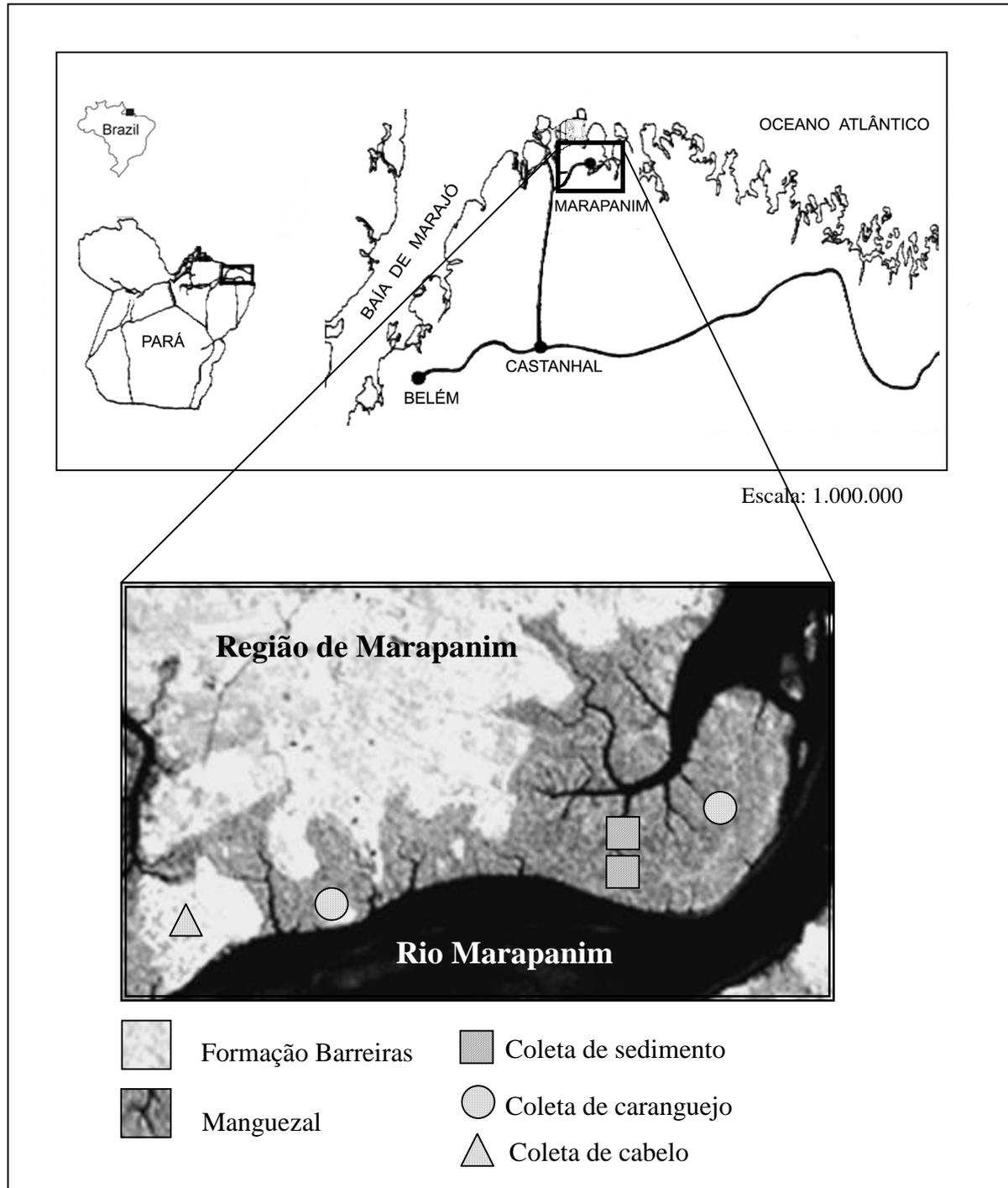


Figura 1 - Mapa de localização e amostragem

romba e retirada as partes correspondentes ao hepatopâncreas e músculos com uma pinça de aço inoxidável. As amostras foram armazenadas em potes de vidro, e congeladas a -10 °C.

As coletas de cabelos humanos foram realizadas em junho de 2002, em habitantes da periferia e ribeirinhos do município de Marapanim. O material coletado foi retirado da região da nuca, acima do pescoço com 1 cm de distância do couro cabeludo e armazenado em envelope de papel com identificação do doador. As amostras foram lavadas com água e acetona, armazenadas em potes de vidro e secas em estufa.

### ***Preparação do material***

Todos os frascos para armazenagem das amostras e as vidrarias foram colocados em banho com detergente neutro (extran 20%) por um dia. Em seguida, lavados com água corrente e destilada depois, foram imersos em uma solução de HNO<sub>3</sub> 10% por 24h, lavados novamente com água corrente, destilada e descontaminados com uma solução de KMnO<sub>4</sub> 0,5% em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N e cloridrato de hidroxilamina (NH<sub>2</sub>OH HCl) 10% e, por último, lavados em água corrente e água MillQ Plus. Este procedimento foi realizado no Laboratório de Toxicologia da SAMAM/IEC.

As amostras de sedimentos foram secas em salas climatizadas (24 °C) e as de caranguejos liofilizadas. Ambas foram pulverizadas em gral de ágata.

### ***Determinação dos parâmetros físico-químicos e matéria orgânica.***

A salinidade, pH e Eh das amostras de sedimentos de manguezal foram medidas ainda no campo: o pH e Eh, por inserção direta do eletrodo no sedimento e a salinidade por refratômetro manual (Atago), obtida a partir de uma pequena quantidade de sedimento, envolto em um papel fino poroso e colocado em um espremedor de alumínio que, sobre pressão, permite a retirada de um pequeno volume de água para a medida.

A análise da matéria orgânica foi

realizada no laboratório do Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG), seguindo a metodologia desenvolvida por Loring & Rantala (1992), adaptada para sedimentos marinhos.

### ***Identificação mineralógica do sedimento de mangue.***

As análises mineralógicas foram realizadas por difração de raios-X em amostra total, e na fração argila: orientada, glicolada e aquecida, no laboratório de raios-x do Centro de Geociências da UFPA, utilizando difratômetro Philips PW 3710 (CuK $\alpha$ ), KV, 40 mA, com leituras 2 $\theta$  no intervalo de 5° - 35° para argilo-minerais e 5° até 65° para amostra total.

Para a determinação dos argilo-minerais, as amostras foram previamente lavadas com água destilada e levadas à centrifugação (1000 rpm/2min), de onde foi retirada a fração argila para confecção de lâminas. Para cada amostra, foram preparadas três lâminas: orientada, solvatada com etilenoglicol e aquecida. As análises das amostras orientadas foram realizadas em lâminas secas à temperatura ambiente. Para análises com etilenoglicol a lâmina foi colocada em dessecador durante 48 horas. A terceira lâmina foi aquecida a uma temperatura de 550°C, durante 2 horas.

A identificação dos minerais foi feita com auxílio dos softwares Minerva e APD para os difratogramas de amostra total, e para os argilo-minerais utilizando comparações entre os três difratogramas.

### ***Determinação de mercúrio***

Foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica por geração de vapor a frio (EAA-VF/G) no Instituto Evandro Chagas, segundo o método de Akagi & Nishimura (1990).

A digestão das amostras de sedimentos, caranguejos e cabelos foram feitas em duplicata, com uma mistura de HNO<sub>3</sub> e HClO<sub>4</sub> (1:1), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>O, em balão volumétrico de 50 ml e levado à chapa aquecedora a uma temperatura de 220 °C por 20 minutos. Após o esfriamento à temperatura ambiente, os balões foram aferidos

com água MillQ e homogeneizados. O mercúrio disponível em solução na forma iônica, foi analisado em Mercury Analyzer HG-3500, com uma solução redutora de cloreto estano (SnCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O) e hidróxido de sódio (NaOH) 5N.

Durante a realização das análises, foi construída uma curva de calibração com soluções padrões de 0,0; 0,2; 0,4 e 0,8 ng ml<sup>-1</sup>, foram realizadas as medidas do branco dos reagentes e como material de referência, utilizou-se a amostra certificada: IAEA-SL1 (0,08 ± 0,18 µg.g<sup>-1</sup>) para sedimentos, DORM-2 (0,046 ± 0,026 µg.g<sup>-1</sup>) para caranguejos e IAEA-085 (0,024 ± 0,08 µg.g<sup>-1</sup>) para cabelos humanos.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os manguezais em questão apresentam características morfológicas distintas, as quais interferem decisivamente nas modificações laterais e verticais demonstradas pelas propriedades físicas e químicas dos sedimentos.

A seqüência sedimentar é siltico-argilosa (> 80%) nos dois furos, sendo que no furo 1 (PII-200), nos primeiros 40 cm apresenta-se oxidada, marrom a amarelada rica em matéria orgânica no restante, apresenta a cor cinza escura e, é redutora. No furo 2 (PII-400) apresenta-se totalmente redutora de cor cinza escura (Figuras

2 e 3). O teor de matéria orgânica varia de 3 a 6% nos dois furos. Mineralogicamente são constituídos por quartzo, feldspato, caulinita, esmectita, illita, pirita, e halita (Figuras 2 e 3). O quartzo e a caulinita são minerais detríticos tendo como fonte a Formação Barreira que é a unidade geológica de maior ocorrência na região (fonte para os sedimentos de manguezal). A esmectita e os demais são principalmente minerais autigênicos.

Os valores obtidos de salinidade, pH e Eh nas amostras de sedimentos de mangue, variam entre 12 a 24 (média de 16) em salinidade no furo 1, e entre 20 a 30 (média de 26) no furo 2, com uma média total de 21 nos dois furos, ambas aumentando com a profundidade. Os valores de pH variam entre 5,61 a 6,4 no furo 1 (média de 5,96), e entre 6,49 a 6,83 no furo 2 (média de 6,72); média total de 6,34 nos dois furos. No furo 1, o pH apresenta maior acidez nos primeiros 40 cm; no furo 2, apresenta menor acidez (quase neutro) em toda a sua profundidade. O pH ácido em parte é devido à atividade da decomposição microbiana das folhas do mangue e hidrólise de tanino em plantas do manguezal, o qual libera vários tipos de ácidos orgânicos, resultado parcial da oxidação do FeS<sub>2</sub> e FeS para H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Liao, 1990; Tam & Wong, 2000). O Eh varia de -309 a +322 mV no furo 1, e -150 a -371 mV no furo 2. No furo 1, os sedimentos são mais oxidados nos primeiros 40

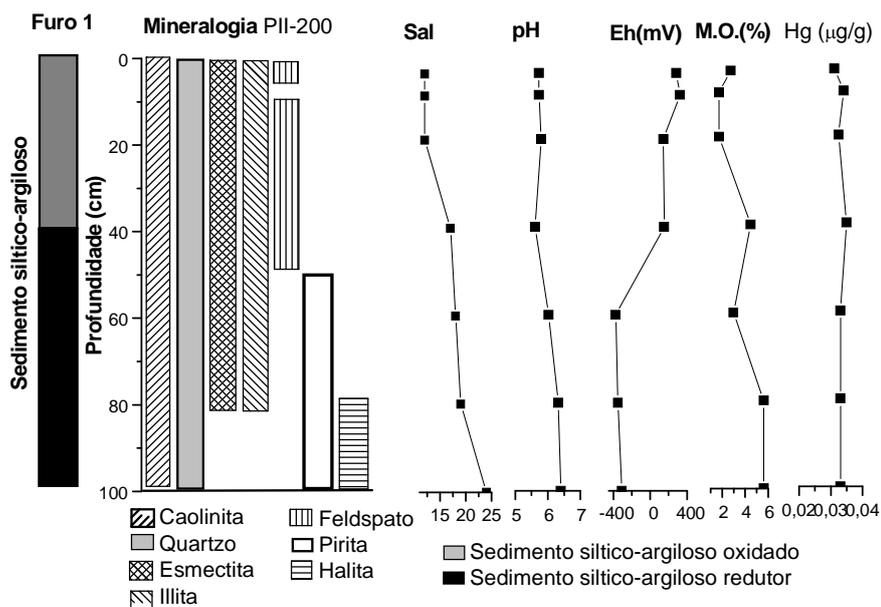
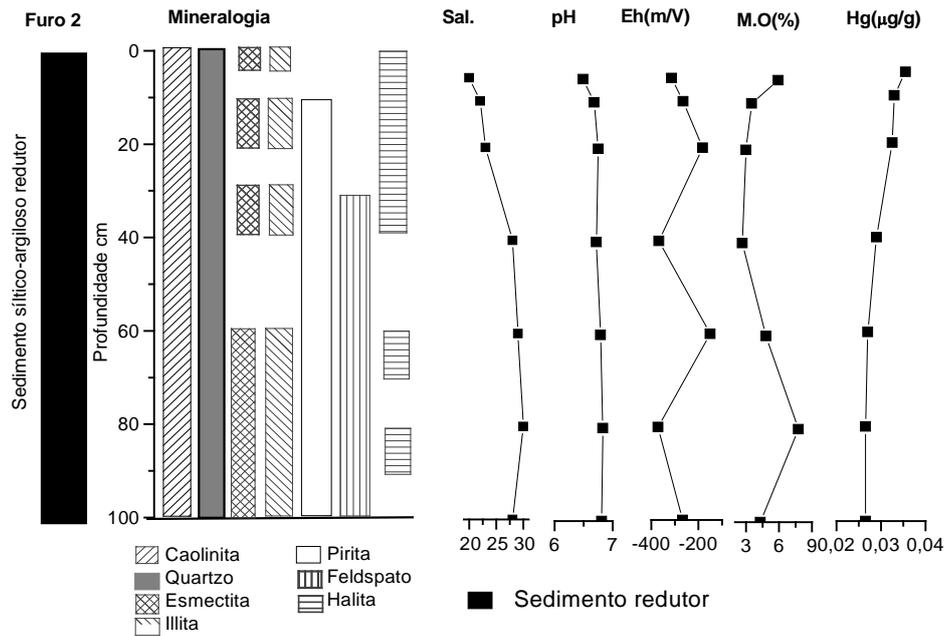


Figura 2 - Seqüência sedimentar, composição mineral, salinidade, pH, Eh, matéria orgânica e concentração de mercúrio do furo 2 (PII-200).



**Figura 3** - Sequência sedimentar, composição mineral, salinidade, pH, Eh, matéria orgânica e concentração de mercúrio do furo 2 (PII-400)

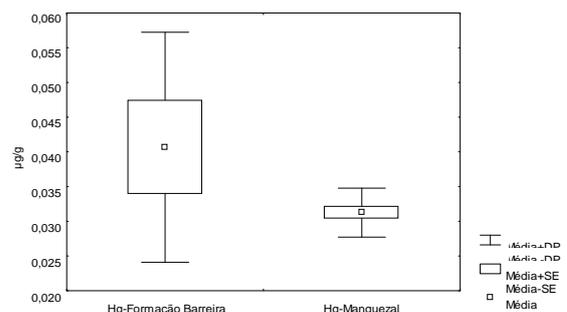
cm e no restante alcalinos e redutores. No furo 2 onde as marés fazem-se presentes diariamente, predominam sedimentos fisicamente mais plásticos, sob condições totalmente redutoras.

Os valores de salinidade, pH e Eh são aproximadamente iguais nos dois furos desde a superfície até a profundidade, e inferiores se comparados com os dos manguezais de Bragança (distante 68 km de Marapanim) com média de salinidade de 71,69 e pH 6,67 (Leal, 2001). Segundo (Berredo & Costa, 2002), as propriedades físico-químicas dos sedimentos de mangue de Marapanim são condicionadas pelas variações da topografia do terreno, as frequências da maré e as oscilações do clima no período de chuva e estiagem.

Os teores de matéria orgânica, variaram de 1,74 a 5,62% no furo 1, e 2,67 a 7,77% no furo 2, com média de 4,4% para os dois furos. Estes valores são baixos se comparados com a média de 11% do manguezal de Bragança (Leal, 2001). O baixo conteúdo de matéria orgânica pode ser responsável pela baixa concentração de mercúrio encontrado nos manguezais, já que a quantidade e o tipo de matéria orgânica é um dos materiais que retêm metais incluindo o mercúrio (Vertacnik *et al.*, 1995).

### Mercúrio em sedimentos

As concentrações de mercúrio nos sedimentos de manguezal variaram de 0,029 a 0,034  $\mu\text{g.g}^{-1}$  (média 0,033  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) no furo 1 e 0,026 a 0,035  $\mu\text{g.g}^{-1}$  (média 0,030  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) no furo 2, mostrando que o mercúrio distribui-se igualmente nos sedimentos dos dois furos. Nos sedimentos da Formação Barreiras (área fonte), os valores de mercúrio variaram de 0,022 a 0,062  $\mu\text{g.g}^{-1}$ . A média encontrada para os sedimentos do manguezal nos dois furos foi de 0,031  $\mu\text{g.g}^{-1}$  e 0,041  $\mu\text{g.g}^{-1}$  para os sedimentos da Formação Barreiras, o que indica que os sedimentos do mangue e da Formação Barreiras são praticamente iguais em relação à este metal (Figura 4). Portanto, a Formação Barreiras



**Figura 4** - Concentração média de Hg em sedimentos da formação Barreiras e de manguezais

pode ter sido a fonte de mercúrio para o mangue. Esses dados estão abaixo daqueles obtidos nos manguezais do sudeste do Brasil, com média de  $0,89 \mu\text{g.g}^{-1}$  de mercúrio (Machado et al., 2002).

### Mercúrio em caranguejos

Os caranguejos estudados apresentaram carapaças com dimensões entre 4 a 6,7 cm de comprimento e peso úmido total de 80 a 252 g. Os machos ficaram entre 5,1 a 6,7 cm de comprimento e peso total úmido de 136 a 252 g e as fêmeas 4 a 5,7 cm de comprimento, com 80 a 140 g de peso.

Os valores de mercúrio nos músculos dos caranguejos variaram de 0,001 a  $0,130 \mu\text{g.g}^{-1}$ , nos dois sítios de amostragem; com média de  $0,021 \mu\text{g.g}^{-1}$  e, nos hepatopâncreas, variaram de 0,001 a  $0,152 \mu\text{g.g}^{-1}$  com média de  $0,017 \mu\text{g.g}^{-1}$ . No sítio 1 a variação é bem menor em ambos os tecidos ( $0,001$  a  $0,005 \mu\text{g.g}^{-1}$ ;  $0,001$  a  $0,032 \mu\text{g.g}^{-1}$ , respectivamente), e a média de  $0,002 \mu\text{g.g}^{-1}$  e  $0,008 \mu\text{g.g}^{-1}$ , respectivamente. No sítio 2 a variação é de 0,006 e  $0,130 \mu\text{g.g}^{-1}$  nos músculos e  $0,004$  a  $0,152 \mu\text{g.g}^{-1}$  nos hepatopâncreas, com média mais alta nos músculos ( $0,038 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) que nos hepatopâncreas ( $0,0026 \mu\text{g.g}^{-1}$ ). O sítio 2, situado rio acima e próximo à cidade, apresenta valor médio de mercúrio nos músculos dos caranguejos 19 vezes mais que no sítio 1, situado rio abaixo, mais afastado da cidade e constantemente atingido pelas marés, contrário do sítio 2, atingido apenas nas marés de sizígia. Estes dados contrastantes mostram que os teores de mercúrio encontrados nos tecidos de

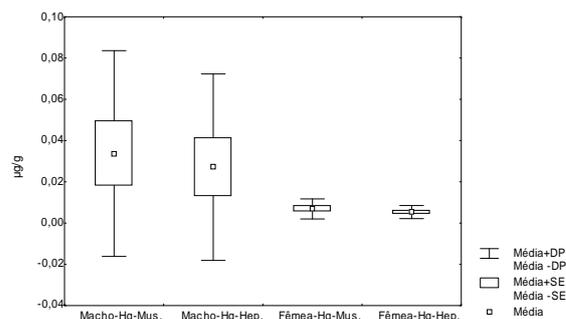


Figura 5 - Concentração média de Hg em músculos e hepatopâncreas de caranguejos machos e fêmeas da região de Marapanim

caranguejos, podem estar refletindo mudanças ambientais nos manguezais. A baixa concentração de mercúrio nos caranguejos do sítio 1 correlaciona-se diretamente com as baixas concentrações deste metal encontradas nos sedimentos do mangue, média de  $0,031 \mu\text{g.g}^{-1}$ .

Comparando-se os teores de mercúrio entre machos e fêmeas (Figura 5), verifica-se concentrações até 5 vezes maiores nos caranguejos machos, que são os mais consumidos na dieta alimentar da população, com média de  $0,037 \mu\text{g.g}^{-1}$  nos músculos, variando de 0,001 a  $0,130 \mu\text{g.g}^{-1}$  e média de  $0,027 \mu\text{g.g}^{-1}$  nos hepatopâncreas, variando de 0,003 a  $0,152 \mu\text{g.g}^{-1}$ . Nas fêmeas, a média é de  $0,007 \mu\text{g.g}^{-1}$  variando de 0,001 a  $0,017 \mu\text{g.g}^{-1}$ , para os dois tecidos. Esses valores, mesmo nos machos, estão abaixo daqueles encontrados em caranguejos de outras regiões do mundo (Tabela 1) e bem abaixo daqueles teores recomendados como tolerância pela OMS que é de  $0,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ .

Tabela 1 - Concentração média de mercúrio ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) em diferentes espécies de caranguejos em outras regiões do mundo.

Espécie	Localização	Tecido	Hg	Referência
<i>Cancer Írroratus</i>	Cancer Írroratus	Carne	0,18	Greig et al., 1977
<i>Cancer magister</i>	Cancer magister	Músculos Hepatopâncreas	0,108 0,098	Caldwell & Buhler, 1983
<i>Cancer Pagurus</i>	Islândia-São Miguel	Brânquias	0,22	Anderson & Depledge, 1993
<i>Portonus Pelagicu</i>	NE Mediterrâneo	Músculos	0,132	Balkas et al., 1992
<i>Pseudocarcinus. gigas</i>	Austrália	Músculos Hepatopâncreas	0,30 0,14	Turoczy et al., 2001
<i>Tachypleus tridentatus</i>	Japão	Hepatopâncreas	0,16	Kannan et al., 1995
<i>Ucides Cordatus</i>	Brasil-Pará (Marapanim)	Músculos Hepatopâncreas	0,021 0,017	Vilhena et al., (este estudo)

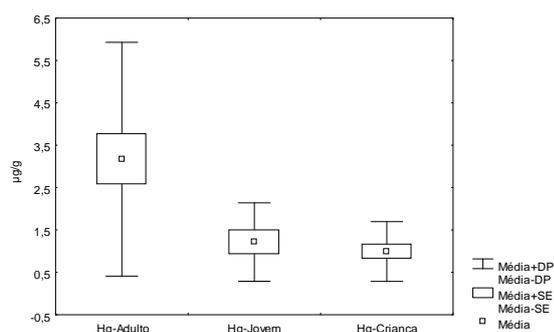


Figura 6 - Concentração média de Hg em cabelos de habitantes de Marapanim

### **Mercúrio em cabelo humano**

O conteúdo de mercúrio em cabelos humanos varia conforme a faixa etária, crescendo de crianças para jovens e adultos (1,0, 1,21 e 3,17  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , respectivamente) (Figura 6), esses valores estão abaixo do limite de tolerância biológica estabelecido pela World Health Organization (1990) de 6,0  $\mu\text{g.g}^{-1}$  para pessoas expostas e 2,0  $\mu\text{g.g}^{-1}$  para não expostas a ambiente impactado com mercúrio.

Pelo exposto, a baixa concentração de mercúrio encontrado no mangue está refletindo o seu baixo teor na área fonte (Formação Barreiras), e no próprio mangue.

### **CONCLUSÕES**

Os dados obtidos mostram que as concentrações de mercúrio nos sedimentos dos manguezais, nos caranguejos bem como em cabelos humanos da região de Marapanim, indicam que a região não está impactada por este

metal, e que os valores determinados devem ser de origem natural. Portanto os valores medidos retratam aqueles dos sedimentos Barreiras, fonte dos sedimentos do mangue e, por conseguinte dos caranguejos que vivem no manguezal.

Fato interessante, é que os teores totais de mercúrio estão concentrados apenas nos caranguejos machos utilizados na dieta alimentar humana e que se acumula segundo a faixa etária em humanos, mantendo-se em limites toleráveis.

O estudo de mercúrio em áreas pouco impactadas ou com pequena ação antrópica como a costa nordeste do Pará, é de grande importância para a avaliação de possíveis impactos antrópicos, auxiliando em ações de monitoramento e no entendimento da relação saúde humana e meio ambiente. Os manguezais de Marapanim podem ser considerados laboratórios naturais (*background*), para comparações com áreas contaminadas no litoral brasileiro e de outras regiões do Mundo.

### **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq através do projeto SelenMerAs (Processo: 476874/2001-7), pelo apoio financeiro. Ao Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Instituto Evandro Chagas (IEC) e ao Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG) pela infraestrutura analítica e de trabalho. À pesquisadora Jussara M. Martinelli do Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo dos Recursos Aquáticos da Universidade Federal do Pará.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ADAIME, R. R. (1987). Estrutura, produção e transporte em um manguezal. In: Simpósio Temas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, Anais. p. 80-99.
- AKAGI, H. & NISHIMURA, H. (1990). Speciation of mercury in the environment. In: Suzuki, T., IMURA, N. & CLARKSON, T.W. eds: *Advances in Mercury Toxicology*. Prenum Press, New York. P.53-76.
- ANDERSON J.L.; DEPLEDGE, M.H. (1997). A survey of total mercury and methylmercury in edible fish and invertebrates from Azorean waters. *Mar Environ Res* 44 (3):331-50.
- AULA, I, BRAUNSCHWEILLER II, LEINO, T, MALINI, PORVARIP, HATANAKAT, T, LODENIUS, M., JURAS, A., (1994). Levels of mercury in the Tucuruí Reservoir and its surrounding area in Pará, Brasil, In CJ Watras, Huckabee, JW (eds) *Mercury Pollution Integration and Synthesis* Vol. Lewis Publishers.
- BALKAS, T.I.; TUGRUL, S.; SALIHOGLU, I. (1982). Trace metal levels in fish and crustacean from northeastern Mediterranean coastal waters. *Mar Environ Res* 6:281-9

- BERRÊDO, J.F; COSTA, M.L. DA. (2002). Modificações sazonais nas propriedades físico-químicas de manguezais do estuário do rio Marapanim, nordeste do Pará. VI WORKSHOP ECOLAB. Anais. Belém, Pará-Brasil (Cd Room).
- CALDWELL, R.S.; BUHLER, D.R.; (1983). Heavy metals in estuarine shellfish from Oregon. Arch Environ Contam Toxicol ; 12:15-23.
- COSTA, N.S.V.; SENNA, C.; LOBATO, L.C. (2000). Mangrove. Estrutura e diversidade de bosques de manguezal da Baía de Marapanim, Pará, Brasil, Conferência Internacional sobre Estuários e Manguezais, Recife. PE. Cd ROOM.
- EMBRAPA, (1997). Levantamento de Reconhecimento de Alta Intensidade dos Solos da Folha de Marapanim, Estado do Pará (ISSN 0100-8102).
- FAURE, J.F.F. (1999). Manguezais do litoral paraense: Recursos naturais, uso social e indicadores de sustentabilidade – Relatório Parcial. Depto. De Ecologia. Museu Paraense Emilio Goeldi. Relatório Interno, 31p.
- FRANZINELLI, E. (1988). Contribuição à geologia da Costa do Estado do Pará, (entre as Baías de Curuçá e Maiaú), Simpósio do Quaternário do Brasil. Rio de Janeiro, Atas IV 305-322.
- GREIG, R.A. ; WENZLOFF, D.R.; ADAMS, A.; NELSON, B.; SHELPUK, C. (1977). Trace metals in organisms from ocean disposal sites of the middle eastern United States. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 6: 395-409.
- HARBISON, P. (1986). Mangrove muds a sink and a source for trace metals. Marine Pollution Bulletin **17**, 246-250.
- KANNAN, K.; YASUNAGA, Y.; IWATA, H.; ICHIHASHI, H.; TANABE, S.; TATSUKAWA, R. (1995). Concentrations of heavy metals, organochlorines, and organotins in Horseshoe Crab, *Tachypleurs tridentatus*, from Japanese coastal waters. Arch Environ Contam Toxicol. 28:40-7.
- LACERDA, L.D. (1984). Manguezais florestas de beira-mar, Ciência Hoje, vol. **3**- 13, 8p.
- LACERDA, L.D.; CARVALHO, C.E.V.; TANIZAKI, K. F.; OVALLEL, A.R.C.; REZENDE, C.E. (1993). The biogeochemistry and trace metals distribution of mangrove rhizosfer, Biotropica **25**, 252-257.
- LEAL, H. F. (2001). Dissertação de Mestrado “Estudo Geoquímico e Biogeoquímico do sedimento, água intersticial e plantas (*Avicennia gerrminans*) no manguezal de Bragança-Ajuruteua, NE do Pará”, Universidade Federal do Pará Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, 104p.
- LIAO, J. (1990). The chemical properties of the mangrove Solonchak in the northeast part of Hainan Island. Supplement of Acta Scientiarum, Naturalism Universitatis Sunyatseni **9**, 67-72.
- LORING, D.H.; RANTALA, R.T.T.; (1992). Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Earth Science e Reviews, **32**, 235-283p.
- MACHADO, W.; MOSCATELLI, M.; REZENDE, L. G.; LACERDA, L. D. (2002), Mercury, zinc, and copper accumulation in mangrove sediments surrounding a large landfill in southeast Brazil. DTD 4.3.1. Version, 7.5, 7p.
- TAM, N.F.Y.; WONG, Y.S.; (2000). Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps, Environmental Pollution **110**, 195-205.
- TUROCZY, N. J.; MITCHELL, B. D.; LEVINGS, A. H.; RAJENDRAM, V. S. (2001). Cadmium, copper, mercury, and zinc concentration in tissues of the King Crab (*Pseudocarcinus gigas*) from southeast Australian waters, Environment International **27** 327-334.
- VERTANIK, A.; PROHIC, E.; KOZAR, S.; JURACIC, M. (1995). Behavior of some trace elements in alluvial sediments, Zagreb water-well fill area, Croatia. Water Research **29**, 237-246.
- VILHENA, M.P.S.P.; COSTA, M.L.; BERRÊDO, J.F.; BRABO, E.S.; SANTOS, E. O.; SÁ, G.C.; COSTA, A. M. (2003). Mercúrio em sedimentos de mangues crustáceos (caranguejo) e no homem (cabelo) em torno dos manguezais do Nordeste do Pará. IX Congresso Brasileiro de Geoquímica, Livros de resumos expandidos. P. 558-560.
- WASSERMAN, J. C.; HACOON, S. S.; WASSERMAN, M. A. (2001). O Ciclo do Mercúrio no Ambiente Amazônico, Mundo & Vida vol. **2**(1/2). 7p.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. (1990). Geneva, Methylmercury - Environmental Health Criteria 101p.