

# **CONTAMINAÇÃO MERCURIALNA AMAZÔNIA BRASILEIRA: ESTUDO DOS DADOS PUBLICADOS NO PERÍODO DE 1999 A 2013, SOBRE O DISTRITO DE SÃO LUIZ DO TAPAJÓS, PARÁ.**

Alexandra Cristina de Jesus Caldas, Discente do Curso Técnico em Saneamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, IFPA – Campus Itaituba  
Francisco Denis Pereira Chaves, Docente EBTT/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, IFPA – Campus Itaituba  
Márcia Lasmar Bieri, PPGEDAM – Universidade Federal do Pará, UFPA – Campus Belém/IPEASA, Itaituba/PA.  
Liz Carmem Silva-Pereira, Docente EBTT/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, IFPA – Campus Itaituba.  
E-mail: lizcarne@hotmail.com

## **Resumo**

O Distrito de São Luiz do Tapajós, Itaituba, tem sua história diretamente vinculada à pesca artesanal, à mineração de ouro, e ao histórico de exposição ao mercúrio. Analisamos dados de estudos realizados entre os anos de 1999 e 2013, onde foi observado vários resultados de mercúrio em fio de cabelo acima do índice de tolerância estabelecido para populações amazônicas, que é de 10µg/g de mercúrio. Sugere-se aos órgãos públicos de saúde, que se estabeleça um monitoramento junto a esta população, evitando-se assim que esta exposição traga problemas crônicos de saúde para esta comunidade.

Palavras-chave: São Luiz do Tapajós, Mercúrio no Cabelo, Saúde, Ribeirinhos.

## **Resumen**

El Distrito de São Luiz do Tapajós, Itaituba, tiene su historia directamente vinculada a la pesca artesanal, a la minería de oro, y al histórico de exposición al mercurio. Se analizaron datos de estudios realizados entre los años 1999 y 2013, donde se observaron varios resultados de mercurio en hilo de pelo por encima del índice de tolerancia establecido para poblaciones amazónicas, que es de 10 µg / g de mercurio. Se sugiere a los organismos públicos de salud, que se establezca un monitoreo junto a esta población, evitando así que esta exposición traiga problemas crónicos de salud para esta comunidad.

Palabras clave: São Luiz do Tapajós, Mercurio en el Cabello, Salud, Fluviales.

## **Abstract**

The District of São Luiz do Tapajós, Itaituba, has its history directly linked to artisanal fishing, gold mining, and history of exposure to mercury. We analyzed data from studies conducted between 1999 and 2013, where several mercury results were observed in hair above the tolerance index established for Amazonian populations, which is 10µg / g of mercury. It is suggested to the public health agencies that a monitoring be established with this population, thus avoiding that this exposure brings chronic health problems for this community.

Keywords: São Luiz do Tapajós, Mercury in Hair, Health, Riverines.

## **1- INTRODUÇÃO**

### **1.1 Distrito de São Luiz de Tapajós**

A origem de São Luiz do Tapajós vincula-se à formação de um pequeno povoado na ilha de Lauritânia, lugar estratégico para a circulação de recursos florestais, no limiar do século XX (COUDREAU, 1979). Ao longo de sua história o povoado se tornou um

expressivo entreposto comercial liderado pelos comerciantes de peles de animais silvestres, ovos de tartaruga, castanha-do-Pará, borracha e ouro (GASPAR, 1990). A infraestrutura criada em São Luiz do Tapajós denotava a sua importância na dinâmica produtiva da borracha. Havia casa de aviamento, compra e controle dos seringais, além de um porto equipado para receber navios cargueiros. São Luiz do Tapajós ainda apresenta um significativo sistema natural de rara beleza, constituído por florestas densas, belas praias, afloramentos rochosos e sua proximidade com o Parque Nacional do Amazonas. A maioria das residências são construídas em taipa e madeira e cobertas com palha ou telha, com algumas residências em alvenaria, onde utilizam a água proveniente do Rio Tapajós ou poços.

Tem a sua economia baseada na pesca, agricultura temporária e fabricação de farinha de mandioca (CANTO; VENTURIERI, 2007). Em virtude do aumento da mineração de ouro no Rio Tapajós, o Distrito de São Luiz do Tapajós foi alvo de estudos epidemiológicos sobre contaminação de mercúrio em comunidades expostas, por grupos de pesquisadores nacionais e internacionais, nos últimos 20 anos, colocando o Distrito em evidência no cenário científico mundial. Conforme CNEC; WarleyParsons (2015), no Estudo de Impactos Ambientais do Aproveitamento Hidrelétrico do Tapajós, esta é um das vilas mais afetadas pela construção de uma hidrelétrica a montante do mesmo, Em face de todo o processo histórico deste Distrito, avaliou-se as condições de saúde e ambientais nas quais vivem os seus moradores, a partir de dados secundários fornecidos pelos bancos de dados de bibliotecas internacionais, com vista à busca de políticas públicas adequadas à sua destinação futura.

## **1.2 Impactos ambientais e à saúde humana através de emissões de mercúrio**

As características físico-químicas do mercúrio fazem com que este metal seja considerado como um poluente de elevada toxicidade. Além de poder afetar extensas áreas muito distantes, seus efeitos podem surgir somente após longo tempo de cessado seu uso, adquirindo assim um caráter defasado no espaço e no tempo. Esta peculiaridade é muito importante, sobretudo em ambientes tropicais, onde as características ecológicas intrínsecas desses ecossistemas, como a rápida e eficiente ciclagem interna dos elementos, os tornam muito vulneráveis a poluentes como o mercúrio. É interminável a literatura científica a respeito, tanto do aspecto da saúde humana quanto no da saúde ambiental.

As fontes naturais mais significativas de mercúrio são a desgaseificação da crosta terrestre, emissões de vulcões e a evaporação de corpos aquáticos (WHO, 1991). Admite-se que as emissões naturais sejam da ordem de 25 mil a 125 mil toneladas/ano. A crosta terrestre é fonte importante para a contaminação de corpos aquáticos naturais. Uma parcela do mercúrio encontrado na água é de origem natural, embora possa ser parcialmente de origem atmosférica e assim ter sido gerado, também, por atividade antrópica. Portanto, é difícil avaliar quantitativamente as contribuições relativas à atividade antropogênica e à natural em relação aos compostos de mercúrio que sofrem lixiviação do solo para a água (Figura 1).

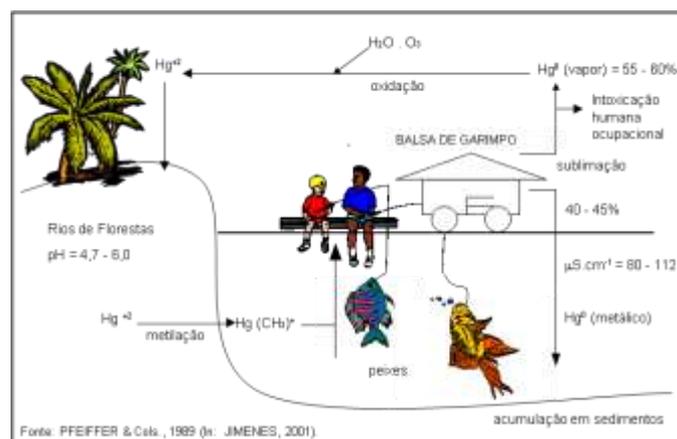


Figura 1. Processos ocorridos com o mercúrio após sua emissão para o meio ambiente.

As indústrias de cloro-álcali, as de equipamentos elétricos e as de pinturas à base de mercuriais são apontadas como contribuintes de cerca de 55% da produção total de Hg (WHO, 1991).

Na América, a estimativa de 272 toneladas de emissões de Hg a partir de diversas fontes antropogênicas é comparável com os achados em inventários globais: faixa de 240 a 333 toneladas (PRASAD et al., 2000). Vale lembrar a importância da contribuição da queima de carvão, óleo e gases naturais na produção de cimento; tratamento de minérios de enxofre; incineração de lixo e na disposição de rejeitos de processos metalúrgicos. A contaminação é observada em ambientes distantes das fontes de emissão, tais como no gelo da Antártica e Groelândia e nos oceanos, onde podem ser encontradas concentrações de mercúrio acima dos níveis considerados normais. Estas constatações comprovam a importância dos processos de transporte do mercúrio no ambiente (AZEVEDO, 2006).

Nakagawa (1999) estudou as emissões de mercúrio de vulcões ativos para avaliar a contribuição dessa forma de emissão às concentrações na atmosfera. Os valores encontrados em locais mais ativos, que liberam fumaças sulfurosas, variaram de 1,8 a 7810 g/m<sup>3</sup>, sendo que a média geométrica foi 39,7g/m<sup>3</sup>. A análise revelou que 1,4 toneladas de Hg foram lançadas no ambiente, sendo que a contribuição dessas fontes no Japão é de 2%.

Lacerda e Marin (1997) estimaram as emissões de Hg para a atmosfera no Brasil, utilizando parâmetros de consumo e de produção para cada setor e tecnologias de fato empregadas no país. A emissão atmosférica total de mercúrio foi de cerca de 116 toneladas/ano. As indústrias cloro-álcali contribuem com apenas 12 toneladas por ano, o que representa 10,1% do total, embora até a década de 70 está tenha sido a mais importante fonte de contaminação ambiental no Brasil. As indústrias de tintas e eletroeletrônicas, e a produção de energia a partir do petróleo, correspondem a menos de 0,5% do total. A pirometalurgia do chumbo, zinco e, principalmente, cádmio, correspondem a 3,9% do total de 4,6 toneladas/ano, enquanto que as produções de aço e ferro emitem 12 toneladas/ano, correspondente a 10,4% do total. A queima de vegetação natural para formar pastos ou fazendas agrícolas pode representar uma fonte difusa de Hg em torno de 8,7 toneladas/ano, 7,5% do total. As minas de ouro são a maior fonte de contaminação do Hg para a atmosfera, com emissões de 77,9 toneladas/ano, sendo que esse valor representa 67,3% do total de emissões. Essa última é praticamente restrita à região amazônica e resulta em aproximadamente 16g/km<sup>2</sup> e deposição atmosférica maior que em regiões industriais.

### 1.3 Mineração de ouro na amazônia

A maior preocupação em relação ao processo de extração de ouro, tanto do ponto de vista ambiental, quanto da saúde, é decorrente da utilização do mercúrio e sua consequente emissão em grandes quantidades para os diversos compartimentos ambientais. Para cada

quilo de ouro produzido são lançados até 1,3 Kg de mercúrio no ambiente. Desta forma, as emissões de mercúrio pelos garimpos de ouro no Brasil poderiam alcançar valores de até 100 toneladas anuais (PFEIFFER; LACERDA, 1988). O temor à poluição pelo mercúrio se justifica pelas diversas tragédias causadas pelo uso indevido deste poluente em Minamata e Niigata, no Japão, e no Iraque, nas décadas de 50, 60 e 70. (WOOD, 1971; D'ITRI; D'ITRI, 1977).

Apesar de toda uma série de restrições legais, o mercúrio é fartamente comercializado em todas as áreas de garimpo. O seu custo é relativamente baixo para o fim a que se destina. Com apenas quatro gramas de ouro pode-se comprar um quilo de mercúrio. Este metal, que em condições naturais se apresenta na forma líquida, combina com o ouro e outros metais resultando em amálgamas. A separação do ouro é feita pela volatilização do mercúrio através da queima do amálgama. Sem dúvida é um processo barato, de tecnologia simples, relativa eficiência, mas quando mal operado, altamente poluidor.

Nos diversos garimpos que operam no Brasil o mercúrio metálico é lançado para os compartimentos naturais de duas formas (SILVA, 1993):

- resíduo líquido ou amalgamado, muito comumente lançado diretamente nas drenagens;
- vapor resultante da queima do amálgama nos garimpos e fusão do ouro nas lojas de compra nas cidades das áreas de garimpo.

A recuperação do mercúrio poderia ser feita pela condensação dos vapores em retortas. A resistência ao uso desse equipamento por parte dos garimpeiros é de origem cultural e econômica (PRIESTER; HENTSCHEL, 1992).

A não utilização da retorta leva a intoxicação e ou contaminação dos trabalhadores durante a queima do amálgama, além de poluir o ambiente. Segundo diversos estudos, esta forma é responsável por aproximadamente 70% das emissões do poluente nos garimpos. O ouro assim obtido ainda contém aproximadamente de 3 a 5% de mercúrio (FARID et al., 1991). Durante a purificação do ouro nas lojas de compra, a utilização de maçarico com chama de ar/acetileno (800-900°C) provoca a volatilização do mercúrio residual da primeira queima. A inexistência de capelas adequadas nestes estabelecimentos, dispendo, quando muito, de precários exaustores, provoca não somente a contaminação destes ambientes de trabalho como também das áreas urbanas.

O ouro encontrado sob a forma de pó, exige o uso do mercúrio para formar um amálgama que facilita a sua identificação, geralmente na proporção de um quilo de ouro para um quilo de mercúrio (PFEIFFER, 1993; COUTO et al., 1988; FERREIRA; APPEL, 1990). O amálgama ouro-mercúrio é posteriormente queimado, purificando o ouro e liberando mercúrio para a atmosfera. O ouro produzido no garimpo é comercializado em lojas de centros urbanos, onde é novamente queimado para purificação, liberando também mercúrio para a atmosfera.

A análise do processo produtivo não deixa dúvidas sobre a exposição ocupacional ao mercúrio metálico, que vem sendo comprovada através de publicações de autores como, por exemplo, COUTO (1991), GONÇALVES (1993) e TOBAR et al. (1990).

Villas-Bôas (1997) considera que não há alternativa para a extração do ouro de minérios de aluvião que não a da amalgamação com Hg – forma usada pelos garimpeiros em toda a região amazônica.

De acordo com Meech et al. (1997), a poluição da Amazônia por Hg é um grave problema ambiental, pois de 70 a 170 toneladas do metal são lançadas anualmente devido às atividades informais de mineração de ouro, além dos incêndios, em que a vegetação queimada constitui fonte primária de emissões de Hg para o ambiente. Essa grande quantidade do metal sofre metilação, acumulando-se em peixes da cadeia alimentar. A oxidação do metal, que permite sua melhor dissolução para posterior metilação de espécies solúveis do mercúrio, garantindo sua estabilidade em ambientes aquáticos, foi avaliada através de análises termodinâmicas e eletroquímicas. Evidenciou-se que na presença de

ácidos orgânicos existe a formação de complexo orgânico-Hg. Embora a metilação dessas espécies solúveis do Hg não seja totalmente elucidada, a formação de tais complexos em águas de rios deve contribuir para o aumento da disponibilidade do Hg ali presente.

## 2- MATERIAL E MÉTODOS

Esta é uma pesquisa aplicada, cujos objetivos a classificam como exploratória, descritiva e explicativa, tendo como fontes de coleta de dados, a pesquisa bibliográfica, cujos procedimentos de coleta serão levantamento, através coleta de dados, pesquisa documental e revisão bibliográfica, em Bibliotecas Digitais. Através dos resultados obtidos neste levantamento de dados, orientações e sugestões poderão ser dadas ao poder público local para elaboração de políticas públicas junto à comunidade estudada.

## 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comunidade de São Luiz do Tapajós, com as coordenadas geográficas 04°20'31" de latitude sul e 56°15'02" de longitude oeste, situa-se a 50,5 km, via BR-230, montante da cidade de Itaituba, à margem direita do rio Tapajós (Figuras 2 e 3). A população residente foi estimada em 620 habitantes, distribuída em 210 domicílios (IBGE, 2010).



Figura 2. Imagem de satélite mostrando a localização do Distrito de São Luiz do Tapajós em relação à sede do Município de Itaituba/PA no ano de 2017.  
Fonte: Google Earth Pro, modificada pelos autores (2017).



Figura 3. Orla do Distrito de São Luiz do Tapajós.  
Fonte: Plantão 24 horas News (2017).

O Distrito de São Luiz do Tapajós, possui um Posto de Saúde (Figura 4), para atenção da saúde básica, com um(a) Enfermeiro(a) responsável, e é atendido por médicos que vão de Itaituba para atendimento no local. A estrutura é bem organizada, e em seu terreno localiza-se o microssistema de abastecimento de água que abastece o Distrito através de captação de direta do Rio Tapajós.



Figura 4. Imagem de satélite mostrando o Distrito de São Luiz do Tapajós em detalhe, no ano de 2017.  
Fonte: Google Earth Pro, modificada pelos autores (2017).

A produção agrícola do povoado resume-se praticamente à mandioca. A base proteica da alimentação é o peixe da região. E em função dessa fonte de alimentação, um dos problemas mais sérios que envolve a saúde e meio ambiente do Distrito de São Luiz do Tapajós é a contaminação do Rio Tapajós por mercúrio, oriundo de fontes naturais e antropogênicas.

Muitos trabalhos têm apresentado correlação entre o consumo regular de peixe na dieta dos ribeirinhos e níveis de mercúrio capazes de provocar risco à saúde. Nos últimos 20 anos, muitos destes trabalhos tem apresentado concentrações médias de mercúrio no

cabelo acima das apresentadas em áreas não expostas ao mercúrio, porém com índices abaixo de 50µg/g, que é o limite de tolerância considerado de risco ao sistema nervoso de adultos humanos (BARBIERI; GARDON, 2009). A agência de proteção ambiental americana (EPA) toma como dose referência (RfD) 0,1µg/kg/dia, esperando-se que o mercúrio no cabelo materno não ultrapasse 11µg/g (USEPA, 2001). Em face disso, a um grande número de cientistas têm considerado como limite de tolerância seguro para populações amazônica, o índice de 10µg/g de mercúrio no cabelo. Por isso, em alguns dos resultados aqui apresentados, estes pesquisadores consideraram o percentual da amostra que estava acima deste índice, levando-nos a reflexão sobre o risco à saúde neurológica que estes indivíduos estão expostos.

Os dados aqui apresentados são referentes ao período de 199 a 2013, de pesquisas realizadas por diversos pesquisadores, para quantificação de mercúrio em cabelos humanos de residentes do Distrito de São Luiz do Tapajós (Tabela 1).

Tabela 1. Índices de mercúrio em cabelo de moradores do Distrito de São Luiz do Tapajós de 1999 até 2013.

Amostra	Autor/Ano	Tamanho Amostra	Teor Hg (µg/g)	% amostra >10 µg/g
Geral	Pinheiro; Guimarães <i>et al.</i> (2000)	30	25,3	-
	Santos <i>et al.</i> (2000)	327*	19,9	-
	Khoury <i>et al.</i> (2013)	30	9,12	-
Adultos	Fillion <i>et al.</i> (2006)	251*	17,8	69,7
	Pinheiro <i>et al.</i> (2006)	32	15	-
	Passos <i>et al.</i> (2007)	457*	16,8	>50
Mulheres (não-grávidas)	Pinheiro <i>et al.</i> (2005)	28	13,7	36
	Pinheiro <i>et al.</i> (2007)	21	9,4	28
Crianças	Grandjean <i>et al.</i> (1999)	71	25,4	91
	Pinheiro <i>et al.</i> (2007)	48	10,9	52

\*Estes números apresentam resultados de várias comunidades em conjunto, incluindo São Luiz do Tapajós.

Fonte: Dados organizados pelos autores, 2018.

Quando analisamos os dados acima, vemos que em praticamente todos os estudos, o índice da amostra total está acima dos 10µg/g. Entretanto é necessário lembrar que os estudos refletem as médias de amostras de muitos indivíduos, por isso, alguns destes mostram o percentual representado na amostra, de indivíduos que têm seus índices acima do limite de tolerância aplicado para populações amazônicas.

No primeiro estudo, de Grandjean *et al.* (1999), realizado com crianças, 91% da amostra estava acima do limite de tolerância, o que é um dado alarmante, especialmente porque o indivíduo está na fase inicial da vida e estará sujeito aos processos de bioacumulação ao longo da vida, se permanecer com os mesmos níveis de exposição. Tendo uma continuidade de intoxicação alta em amostra analisadas em crianças, apresentado no estudo de Pinheiro *et al.* (2007), realizado oito anos depois.

Os dados de Fillion et al. (2006) e Passos et al. (2007), apresentaram 69,7% e >50%, respectivamente, da amostra avaliada, acima do limite de tolerância. Neste caso, os dois estudos foram realizados com amostras conjuntas de outras comunidades da Região do Tapajós, demonstrando de forma clara que o problema da contaminação mercurial, no tempo e no espaço, se confirma, e preocupa.

### 3.1 Bioacumulação do mercúrio

Os compostos mercuriais são absorvidos pelos organismos inferiores, apresentando biomagnificação ao longo da cadeia trófica. Os peixes maiores, que servem de alimentação ao homem, concentram em milhões de vezes os teores ambientais, muitas vezes desprezíveis (SCHWUGER, 1992). Através da ingestão de peixes e outros organismos aquáticos contaminados, o homem é finalmente atingido pela contaminação ambiental, gerando sérios agravos à saúde.

O mercúrio lançado no meio ambiente, por fontes naturais ou antropogênicas, está geralmente na forma inorgânica. No entanto, cerca de 90 % do Hg encontrado em peixes está na forma de Metilmercúrio ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ) doravante abreviado como MeHg). A razão para este aparente paradoxo foi esclarecida por Jensen e Jernelov (1969), que demonstraram que o MeHg é sintetizado a partir de  $\text{Hg}^{+2}$  por diversos tipos de microorganismos em sedimentos aquáticos. Gilmour e Henry (1992) demonstraram que as bactérias sulfato-redutoras são os principais agentes da metilação de Hg em sedimentos lacustres. O MeHg representa apenas uma parte muito pequena do total do mercúrio num sistema aquático, porém é a forma dominante deste metal nos organismos superiores, e sua concentração é amplificada ao longo da cadeia alimentar, uma vez que sua absorção é muito eficiente e sua eliminação é muito pequena.

Pensou-se durante muito tempo que o sedimento fosse o principal sítio da metilação de Hg, mas a mesma já foi observada em vários outros substratos como solos, perifiton e na própria coluna d'água (KORTHALS; WINFREY, 1987; ROGERS, 1976 e 1977; XUN et al., 1987).

Sua forma mais tóxica, o MeHg, é um composto orgânico com grande estabilidade química, o que aliado a sua alta afinidade por lipídios (membranas biológicas) o conduz a um trânsito preferencial e estável pela biota. Assim o MeHg apresenta o fenômeno de biomagnificação (multiplicação das concentrações ao longo dos níveis tróficos) de forma mais eficiente do que com qualquer outro poluente metálico. As cadeias alimentares podem então amplificar as concentrações e nestas os maiores valores serem encontrados nos organismos predadores no topo das teias tróficas. Este fenômeno é muito melhor documentado em sistemas aquáticos onde dependendo do nível de poluição ambiental, podem ser contaminados vários níveis tróficos a partir de crustáceos e moluscos, e não só os peixes carnívoros. Mamíferos aquáticos de longa vida ou grandes peixes carnívoros como tubarões, mesmo em águas limpas também apresentam níveis mais elevados de Hg (MANSON et al., 2005) (Figura 5).

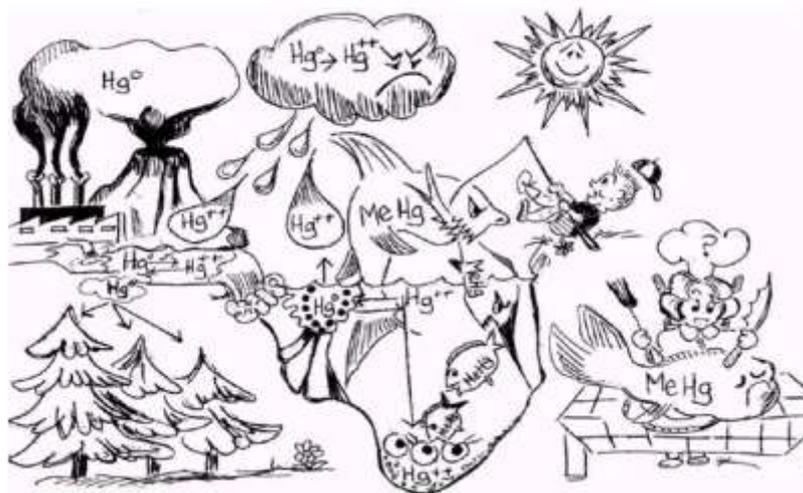


Figura 5. Bioacumulação do MeHg na cadeia alimentar aquática e sua eventual entrada na dieta humana.

Fonte: Manson et al., 2005

A ingestão destes organismos pelo homem representa a passagem do MeHg a um elo mais elevado na cadeia alimentar, o que pode representar consequências dramáticas à saúde de populações com hábitos alimentares restritos que incluem basicamente peixes e organismos aquáticos contaminados. O peixe, como via potencial de acumulação de Hg, e por sua ampla participação em dietas humanas deve ser avaliado seja como monitor do nível de contaminação de corpos d'água, mas também pelo aspecto de saúde pública. Balanços entre diferentes processos biológicos em última análise parecem determinar a mobilidade e os destinos mais críticos do mercúrio no ambiente. A principal forma de acesso ao homem do MeHg seja qual for a sua utilização ou forma de liberação no ambiente é quase exclusivamente através de organismos aquáticos principalmente os peixes, tal como ocorre na região Amazônica (MALM, 1990).

### 3.2 Efeitos do mercúrio à saúde humana

O mercúrio se deposita nos tecidos causando lesões graves, principalmente nos rins, fígado, aparelho digestivo e sistema nervoso central. Um dos primeiros sintomas de contaminação são os tremores das mãos sem controle pelo indivíduo, queda de cabelos e de dentes. A exposição excessiva provoca reações psicóticas, tais como delírios, alucinações e tendência suicida. Mulheres grávidas passam o mercúrio para o feto através da placenta, fazendo com que o mesmo já venha a nascer contaminado. Neste caso os efeitos são mais graves, uma vez que o sistema nervoso central se encontra em formação. Quando a contaminação fetal ocorre em altas doses leva a paralisia cerebral, cegueira, surdez e retardo mental severo (CHOI, 1989).

Os vapores de mercúrio quando inalados atravessam com facilidade a membrana alveolar até atingir a circulação sanguínea. No sangue, fígado e rins o mercúrio é oxidado à forma divalente (mercúrio iônico) pelo complexo chamado hidrogênio peróxido catalase, representando a maior fonte de intoxicação verificada em laboratórios industriais e de pesquisa (IPCS, 1991).

Embora o nível fatal de mercúrio não seja conhecido, uma exposição acima de 1-2  $mg/m^3$  de vapor de mercúrio elementar, por algumas horas, causa bronquiolite química aguda e pneumonite (SIGEYUKI et al., 2000). A contaminação pelos diversos compostos de mercúrio também está associada a condições clínicas relacionadas a enfermidades cutâneas (BOYD et al., 2000).

Dentre os compostos de mercúrio orgânico, o MeHg é o mais tóxico, muito mais que a forma metálica, e é responsável pelos danos mais importantes à saúde observados em humanos. Isto se deve, provavelmente, à sua lenta eliminação. No cérebro e rins, esta eliminação leva um tempo considerável (até mesmo alguns anos) (FARO, 2000).

As intoxicações por MeHg têm efeitos mais abrangentes em diferentes populações, em virtude de contaminar pescados e mariscos, e estes serem de consumo geral levando, assim, a vários episódios de intoxicações coletivas. O principal exemplo foi o acidente ocorrido na Baía de Minamata, Japão, na década de 50, quando uma indústria química de cloreto de vinila lançou na baía os seus efluentes industriais contaminados com MeHg entre outros compostos, levando a mais de 500 óbitos e mais de 2.000 pessoas contaminadas severamente (GRAEME; POLLOCK, 1998; HARADA, 1998).

Em adultos, a intoxicação por MeHg se caracteriza por danos discretos à anatomia cerebral em áreas tais como córtex visual (perda de neurônios da segunda até a quarta camada do cortex calcarino da área visual) e área granulosa do cerebelo (desaparecimento de células de Purkinje), degeneração axônica associada com a ruptura de mielina secundária de nervos periféricos, preservando-se a função motora (NAGASHIMA, 1997).

O sistema nervoso central é o alvo principal do MeHg, onde afeta, principalmente, áreas específicas do cérebro, como cerebelo e lobos temporais. A intoxicação por MeHg se caracteriza por ataxia (perda da coordenação dos movimentos voluntários), a disartria (problemas na articulação das palavras), a parestesia (perda da sensibilidade nas extremidades das mãos e pés e em torno da boca), visão de túnel (constricção do campo visual) e perda da audição. Os primeiros sintomas afetam geralmente a região perianal e aparecem alguns dias após a exposição. Uma contaminação severa pode causar cegueira, coma e morte. O período médio de latência varia, frequentemente, de 16 a 38 dias (BAKIR et al., 1973; BAHIA, 1997).

Vários estudos têm demonstrado os efeitos neurotóxicos do MeHg em populações expostas a este contaminante. Como exemplo podemos citar os resultados obtidos em uma população ribeirinha da Bacia Amazônica, vivendo na localidade de Brasília Legal, exposta ao metilmercúrio. Avaliando-se as funções visuais e motoras de tais indivíduos, através de uma bateria de testes neurofuncionais sensíveis, observou-se um decréscimo de tais funções relacionado com um aumento nos níveis de mercúrio no cabelo, sendo que estas manifestações se fizeram presentes com níveis de mercúrio abaixo de 50 µg/g. Entre as funções motoras comprometidas encontravam-se: destreza manual, alteração da coordenação manual e fadiga muscular (LEBEL et al., 1996). As alterações na função visual (redução do campo de visão) são um dos mais freqüentes sinais relacionados à intoxicação ao metilmercúrio (WHO, 1990).

Apesar dos distúrbios neurológicos estarem mais relacionados à contaminação por mercúrio orgânico (principalmente MeHg), alguns estudos têm demonstrado uma relação do mercúrio inorgânico com sintomas neurológicos, como a insônia. A insônia é reconhecida entre um dos sintomas de contaminação crônica do mercúrio há vários anos e desde os primeiros estudos ela vem sendo relacionada à irritabilidade, dificuldade na concentração, perda de memória, apatia e baixa estima acentuada. Acredita-se que estas alterações no ciclo de sono possam ser explicadas por um severo prejuízo neuropatológico, incluindo múltiplos circuitos neurais, associados com a absorção e a ação do mercúrio pelo sistema nervoso central (ROSSINI et al., 2000).

Evidências em um número grande de fontes indicam que a exposição crônica à baixas concentrações de metais pesados, incluindo o mercúrio, resulta em disfunções imunológicas (POLLARD; HULTMAN, 1997). Tais disfunções podem gerar deficiências imunoregulatórias, portanto, o mercúrio pode ser capaz de desencadear doenças imunológicas (como doença auto-imune) ou promover infecção crônica (SILBERGELD et al., 1998).

Estudos apontam a apoptose de linfócitos e monócitos induzida por mercúrio, como tendo um papel importante na disfunção imune causada por este metal (BEN-OZER et al., 2000; SHENKER et al., 2000).

### **3.3 Vigilância da exposição humana e da contaminação ambiental**

Os riscos dos processos produtivos, principalmente aqueles causados pelos agentes químicos, geralmente ultrapassam os limites da área física dos locais de trabalho. Este é o caso da utilização do mercúrio em diversos processos industriais no Brasil, cujos riscos e efeitos à saúde humana podem atingir populações expostas, tanto ocupacionais quanto não ocupacionais. Um exemplo é o processo produtivo do ouro que causa a exposição direta dos trabalhadores ao mercúrio metálico nos ambientes de trabalho e a exposição indireta da população em geral, que esteja próxima às áreas garimpeiras. O mercúrio metálico pode também sofrer um processo de metilação em sedimentos dos rios, contaminando os peixes e causando um perigo potencial de exposição ao metil-mercúrio para toda a população.

Depois de toda a evidência científica e dos fatos reais acontecidos, como bem prova a história deste metal, aceita-se como verdade absoluta a natureza dos riscos toxicológicos e ecotoxicológicos decorrentes de usos do mercúrio e, portanto, as sociedades exigem das autoridades constituídas, medidas seguras e claras de vigilância e prevenção dos riscos (AZEVEDO; HACON, 2006).

## **4 - CONCLUSÃO**

A contaminação mercurial na Amazônia Legal é um assunto muito bem estudado, especialmente no tocante à exposição de comunidades ribeirinhas. Na Região do Tapajós, em virtude do desenvolvimento econômico da mineração de ouro desde a década de 1950, os estudos têm sido conduzidos com a finalidade de realização da vigilância em saúde, especialmente a exposição não-ocupacional. O Distrito de São Luiz do Tapajós tem recebido pesquisadores dos mais diversos países, além dos brasileiros, buscando dados para que se possa ter um monitoramento adequado da saúde e do meio ambiente dessa população. Os dados aqui apresentados demonstram que os índices de tolerância estão sendo atingidos, em boa parte dos estudos, levando a discussão de como este assunto tem sido tratado pelos organismos de saúde das três esferas do poder constituído. Espera-se que políticas públicas possam ser criadas e implantadas para um melhor acompanhamento desta população, para que não tenhamos futuramente, problemas crônicos de saúde em decorrência dessa exposição.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do IFPA, Campus Itaituba, e ao Setor de Assistência Estudantil pelo fomento das bolsas dos nossos orientandos.

A todos os pesquisadores que vêm até nossa região, contribuir para a melhoria das condições de vida na Amazônia.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[USEPA] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1998. **Mercury health effects**. Washington D. C. (EPA 600/8-84-019F).

AZEVEDO, F.; HACON, S. 2006. **Plano de Ação Regional para Prevenção e Controle da Contaminação por Mercúrio nos Ecossistemas Amazônicos**. OTCA - Organização do Tratado para Cooperação Amazônica.

BAHIA, M. O. 1997. **Le potentiel génotoxique du mercure: mutations HPRT- et effects cytogénétiques**. Dissertação de Mestrado, Montreal, Canada: Université du Québec à Montreal, 119p.

Barbieri FL, Gardon J. Hair mercury levels in Amazonian populations: spatial distribution and trends. *Int J Health Geogr* 2009; **8:71**.

BEN-OZER, E. Y.; ROSENSPIRE, A. J.; McCABE Jr, M. J.; WORTH, R. G.; KINDZELSKII, A. L.; WARRA, N. S. & PETTY, H. R. 2000. Mercury Chloride Damages Cellular DNA by a Non-Apoptotic Mechanism. *Mutat. Res.*, **470(1): 19-27**.

BOYD, S. A.; SEGER, D.; VANNUCCI, S.; LANGLEY, M.; ABRAHAM, J. L. & KING JR., L. E. 2000. Mercury Exposure and Cutaneous Disease. *J. Am. Acad. Dermatol.*, **34(1): 81-90**.

CANTO, O; VENTURIERI, A **São Luiz do Tapajós: uso do território na Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.

CHOI, B. H. 1989. The effectes of methylmercury on the developing brain. *Prog. Neurobiol.*, **32: 447-470**.

CNEC/WARLEYPARSONS ENGENHARIA S/A. RIMA **Relatório de Impacto Ambiental AHE São Luiz do Tapajós**. Editado por Grupo de Estudos Tapajós. 2015.

COUDREAU, H. Viagem ao Tapajós. São Paulo: Itatiaia, 1979.

COUTO, R. C. de S., 1991. **Buscando o ouro – perdendo saúde**: Um estudo sobre as condições de saúde no garimpo do Cumaru. Tese de Mestrado, Rio de Janeiro, ENSP/FIOCRUZ.

D'ITRI, P. A.; D'ITRI, F. M., 1977. **Mercury contamination: a human tragedy**. New York: Jonh Wiley.

FARID, L. H.; MACHADO, J. E. B. & SILVA, A. O., 1991. **Controle da emissão e recuperação de mercúrio em rejeitos de garimpo**. In: Poconé: um campo de estudos do impacto ambiental do garimpo. Série Tecnologia Ambiental, 1:27-44. Rio de Janeiro. CETEM/CNPq.

FARO, F. R. L. 2000. **Efeitos do Mercúrio sobre a Liberação de Dopamina no Núcleo Estriado de Ratos. Possíveis Mecanismos de Ação e Proteção**. Tese de Doutorado. Belém, Universidade Federal do Pará, 164p.

FERREIRA, R. H. & APPEL, L. E., 1990. **Mercúrio: Fontes e Usos**. In: Resumos técnicos do projeto desenvolvimento de tecnologia ambiental no garimpo de ouro de Poconé. Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia Mineral/CNPq.

Fillion M, Mergler D, Sousa Passos CJ, Larribe F, Lemire M, GuimaraesJR: A preliminary study of mercury exposure and blood pressurein the Brazilian Amazon. *Environ Health* 2006, **5:29**

GASPAR, E. dos S. **Os “Bamburrados” do Tapajós**. 1990. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1990.

GILMOUR, C. C.; HENRY, E. A. & MITCHELL, R., 1992. Sulfate stimulation of mercury methylation in freshwater sediments. *Environ. Sci. Techmol.*, **26:2281-2287**.

GONÇALVES, A., 1993. **Saúde, garimpagem e mercúrio entre os Kayapó-Gorotire**. In: Mathis A. & Rehaag R. (eds): Conseqüências da garimpagem no âmbito social e ambiental da Amazônia. Belém, Pará: FASE, BUNTISTIFT & KATALYSE, p. 61-63.

Grandjean P, White RF, Nielsen A, Cleary D, de Oliveira Santos EC:Methylmercury neurotoxicity in Amazonian children downstreamfrom gold mining. *Environ Health Perspect* 1999, **107:587-591**.

HARADA, M.; NAKANISHI, J.; KONUMA, S.; OHNO, K.; KIMURA, T.; YAMAGUCHI, H.; TSURUTA, K.; KIZAKI, T.; OOKAWARA, R. & OHNO, H. 1998. The Present Mercury contents of Scalp Hair and Clinical Symptoms in Inhabitants of the Minamata Area. **Environ. Res.**, **77**: 160-164.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em <<https://censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em 24 de janeiro de 2018.

IPCS (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY). 1991. **Inorganic Mercury. Environmental Health Criteria**. World Health Organization, Geneva, 118: 144.

JENSEN, S.; JERNELÖV, A., 1969. Biological methylation of mercury in aquatic organisms. **Nature**, **223**:753-754.

KHOURY, E D; GIVAGO, S S; SILVEIRA, L C L; COSTA, C A; ARAÚJO, A A; PINHEIRO, M C N. Manifestações neurológicas em ribeirinhos de áreas expostas ao mercúrio na Amazônia brasileira. **Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro**, **29(11)**:2307-2318, nov, 2013.

KORTHALS, E. T. & WINFREY, M. R., 1987. Seasonal and spatial variation in mercury methylation and demethylation in an oligotrophic lake. **Appl. Environ. Microbiol.**, **53**:2397-2404.

LACERDA, L. D. & MARIN, R. V. 1997. Anthropogenic mercury emissions to the atmosphere in Brazil: The impact of gold mining. **J. Geochem. Explor.**, **58(2-3)**: 223-229.

LEBEL, J.; MERGLER, D.; LUCOTTE, M.; AMORIM, M. I. M.; DOLBEC, J.; MIRANDA, D.; ARANTES, G.; RHEAULT, I. & PICHET, P. 1996. Evidence of Early Nervous System Dysfunction in Amazonian Populations Exposed to Low-Doses of Methylmercury. **Neurotoxicol.**, **17**: 157-168.

MALM O.; PFEIFFER, W. C.; SOUZA, C. M. M. & REUTHER, R., 1990. Mercury pollution due to gold mining in the Madeira River Basin, **Brasil. Ambio**, **19**:11-15.

MANSON, R. P.; ABBOTT, M. L.; BODALY, R. A.; BULLOCK, O. R.; Jr.; EVERS, D.; LINBERG, S. E.; MURRAY, M. & SWAIN, E. B. 2005. Monitoring the response to changing mercury deposition. **Environ. Sci. Technol.** **1**: 15A-22A.

MEECH, J. A.; VEIGA, M. M. & TROMANS, D. 1997. Emissions and stability of mercury in the Amazon. **Can. Metall. Quat.**, **36(4)**: 231-239.

NAGASHIMA, K. A. 1997. A review of experimental methylmercury in rats: neuropathology and evidence for apoptosis. **Toxicol. Pathol.**, **25(6)**: 624-631.

NAKAGAWA, R. 1999. Estimation of mercury emissions from geothermal activity in Japan. **Chemosp.**, **38(8)**: 1867-1871.

National Research Council. In **Toxicological effects of methylmercury 1st edition**. Washington, DC: National Academy Press; 2000.

PFEIFFER W., 1993. **O controle da poluição do mercúrio nos garimpos de ouro**. In: CÂMARA, V. M., Mercúrio em áreas de garimpos de ouro. Centro Pan-Americano de Ecologia Humana e Saúde, Série Vigilância Nº 12, México, p.129-136.

PFEIFFER, W. C.; LACERDA, L. D., 1988. Mercury inputs into the Amazon region, Brazil. **Env. Tec. Let.**, **9**:325-330.

PASSOS CJ, MERGLER D, FILLION M, LEMIRE M, MERTENS F, GUIMARAES JR, PHILIBERT A: Epidemiologic confirmation that fruit consumption influences mercury exposure in riparian communities in the Brazilian Amazon. **Environ Res** 2007, **105**:183-193.

PINHEIRO MC, GUIMARAES GA, NAKANISHI J, OIKAWA T, VIEIRA JL,QUARESMA M, CARDOSO B, AMORAS W: Total mercury in hair samples of inhabitants of Tapajos River, Para State, Brazil. **Ver Soc Bras Med Trop** 2000, **33:181-184**

PINHEIRO MC, CRESPO-LOPEZ ME, VIEIRA JL, OIKAWA T, GUIMARAES GA, ARAUJO CC, AMORAS WW, RIBEIRO DR, HERCULANO AM, DO NASCIMENTO JL, SILVEIRA LC: Mercury pollution and childhood in Amazon riverside villages. **Environ Int** 2007, **33:56-61**.

PINHEIRO MC, OIKAWA T, VIEIRA JL, GOMES MS, GUIMARAES GA, CRESPO-LOPEZ ME, MULLER RC, AMORAS WW, RIBEIRO DR, RODRIGUES AR, CORTES MI, SILVEIRA LC: Comparative study of human exposure to mercury in riverside communities in the Amazon region. **Braz J Med Biol Res** 2006, **39:411-414**

PINHEIRO MC, MULLER RC, SARKIS JE, VIEIRA JL, OIKAWA T, GOMES MS, GUIMARAES GA, DO NASCIMENTO JL, SILVEIRA LC: Mercury and selenium concentrations in hair samples of women in fertile age from Amazon riverside communities. **Sci Total Environ** 2005, **349:284-288**

PINHEIRO MC, FARRIPAS SSM, OIKAWA T, COSTA CA, AMORAS WW, VIEIRA JL, et al. Temporal Evolution of exposure to mercury in riverside communities in the Tapajós Basin, from 1994 to 2010. **Bull Environ Contam Toxicol** 2012; **89:119-24**.

POLLARD, K. M.; HULTMAN, P. 1997. Effects of Mercury on the Immune System. **Metal Ions Biol. Syst.**, **34: 421-440**.

PRASD, P.; NIEMI, D. & POWERS, B. A. 2000. North American Inventory of anthropogenic emissions. **Fuel Proc. Technol.** **65-66: 101-115**.

PRIESTER, M. & HENTSCHEL, T., 1992. **Small-scale Gold-mining**. Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien – GATE, p.56-66.

ROGERS, R. D., 1976. Methylation of mercury in soil. **J. Environ. Qual.**, **5:454-458**.

ROSSINI, S. R. G.; REIMÃO, R.; LEFÉVRE, B. H. & MEDRADO-FARIA, M. A. 2000. Chronic Insomnia in Workers Poisoned by Inorganic Mercury. **Arq. Neuropsi.** **58(!): 32-38**.

Santos EC, Jesus IM, Brabo ES, Loureiro EC, Mascarenhas AF, Weirich J, Camara VM, Cleary D: Mercury exposures in riverside Amazon communities in Para, Brazil. **Environ Res** 2000, **84:100-107**

SCHWUGER, M., 1992. In: ROSSBACH, M.; OSTAPCZUK, P. & SCHLADOT, J. D. (eds.) **Specimen Banking, Environmental Monitoring and Modern Analytical Approaches**. Springer Verlag, Heidelberg. p.3.

SHENKER, B. J.; GUO, T. L. & SHAPIRO, I. M. 2000. Mercury-Induced Apoptosis in Human Lymphoid Cells: Evidence that the Apoptotic Pathway is Mercurial Species Dependent. **Environ. Res.**, **84A: 89-99**.

SIGEYUKI, A.; ETO, K.; KURISAKI, E.; GUNJI, H.; HIRAIWA, K.; SATO, M.; SATO, H.; HASUIKE, M.; HAGIWARA, N. & WAKASI, H. 2000. Acute inorganic Mercury Vapor Inhalation Poisoning. **Pathol. Intern.**, **50(3): 169-174**.

SILBERGELD, E. K.; TRAVANI, C.; STRICKLAND, G. T.; LIGGANS, G.; WOODRUFF, S.; SACCI, J.; AZAD, A. & MCKENNA, K. 1998. Effects of Mercury on Resistance to *P. yoelli* Malaria in a Mouse Model. **Toxicol. Sci.**, **42: 205**.

SILVA, A. P., 1993. **Coleta de amostras em solos, sedimentos e águas de ambientes impactados por mercúrio para monitoramento ambiental**. In: CÂMARA, V. M. Mercúrio em áreas de garimpos de ouro. Centro Pan-Americano de Ecologia Humana e Saúde. Série Vigilância Nº 12, México, p.107-114.

TOBAR, C., HACON, S.; CÂMARA, V. de M., 1991. Município de Alta Floresta. **Pré-diagnóstico da situação de saúde da população e de grupos ocupacionalmente expostos**. Rio de Janeiro, Centro de Estudos de Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana/FIOCRUZ.

USEPA United States Environmental Protection Agency. **Office of Science and Technology**. In Water quality criterion for the protection of human health: methylmercury: final Washington, DC: Office of Science and Technology, Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency; 2001.

UNEP Chemicals, **Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals**. In Global mercury assessment Geneva, Switzerland: UNEP Chemicals; 2002.

VILLAS-BÔAS, R. C. 1997. The problem in the Amazon due to gold extration. **J. Geochem. Explor.**, **58: 217-222**.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1990. **Methyl-mercury**. Geneva. Environmental Health Criteria 101.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1991. **Inorganic mercury**. Geneva. Environmental Health Criteria 118.

XUN, L.; CAMPBELL, N. E. R. & RUDD, J. W. M., 1987. Measurement of specific rates of net methyl mercury production in the water column and surface sediments of acidified and circumneutral lakes. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, **44: 750-757**.