

O MERCÚRIO NOS GARIMPOS DE OURO DO RIO MADEIRA/RO.

Ene Glória da Silveira*
Priscila Andrea Salvioni Gali**
Ronilson Vasconcelos Barbosa**
Ivaney Carvalho Braga**

RESUMO: Dentre todos os metais pesados o mercúrio é um dos que representa maior risco à saúde humana, particularmente quando inalado sob a forma de vapor ou ingerido como metil mercúrio, estado organificado no ambiente. Ele forma ligações fortes com moléculas biológicas ricas em radicais de sulfidrilas e proteínas, tem alta mobilidade e é facilmente incorporado às células nervosas dos mamíferos, concentrando-se nos rins, fígado e sistema nervoso central. Sua toxicologia é bem conhecida, face aos acidentes ocorridos no Japão (1950 - 1960), e Iraque (1970), dentre outros.

PALAVRAS – CHAVE: Ambiente, Saúde humana, Mamíferos, Mercúrio, Moléculas e Radicais.

ABSTRACT: Among all the heavy metals mercury is one of representing greater risk to human health, particularly when inhaled in the form of steam or ingested as methyl mercury, organificado State in the environment. It forms strong links with biological molecules rich in protein and radical sulfidrilas, has high mobility and is easily embedded on nerve cells of mammals, focusing on the kidneys, liver and central nervous system. Its Toxicology is well known, face accidents occurring in Japan (1950-1960), and Iraq (1970), among others.

KEYWORD: Environment, human health, Mammals, Mercury, Molecules and radicals.

INTRODUÇÃO: Dentre todos os metais pesados o mercúrio é um dos que representa maior risco à saúde humana, particularmente quando inalado sob a forma de vapor ou ingerido como metil mercúrio, estado organificado no ambiente. Ele forma ligações fortes com moléculas biológicas ricas em radicais de sulfidrilas e proteínas, tem alta mobilidade e é facilmente incorporado às células nervosas dos mamíferos, concentrando-se nos rins, fígado e sistema nervoso central. Sua

toxicologia é bem conhecida, face aos acidentes ocorridos no Japão (1950 - 1960), e Iraque (1970), dentre outros. Basicamente o metal produz irreversíveis danos ao sistema nervoso central, atuando como eficiente inibidor enzimático, inativando proteínas e mostrando grande poder corrosivo. No cérebro sua atuação é mais acentuada, atingindo principalmente as áreas do "cerebellum" associadas às funções sensoriais, visuais, auditivas e de coordenação motora (KOMYO et al. 1993). A intoxicação por mercúrio provoca vômitos frequentes, degeneração e, em casos agudos, a bibliografia médica especializada conclui que pode levar o indivíduo a disfunções motoras, paralisia, ao coma e à morte (HIROYUKI et al 1993).

O ciclo global do mercúrio é resultado de processos físicos, químicos e bioquímicos extremamente complexos, muitos dos quais ainda não foram bem definidos. Nos últimos anos, algumas descobertas importantes ocorreram, sendo que, a descrição da formação do metil mercúrio encontrado a partir da metilação do Hg por bactérias aeróbias e anaeróbias, merece maior destaque. Desta forma, o metil mercúrio no ambiente aquático é rapidamente absorvido por peixes, cujas maiores concentrações ocorrem nos carnívoros. Em trabalhos recentes, GALI (1997) demonstrou que os peixes carnívoros dos rios Madeira, Jacy Paraná e Jamari obtinham concentrações mais elevadas que os peixes onívoros e micrófagos, com percentual de 40% acima do máximo permitido pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Seus fatores de concentração chegam a atingir números da ordem de 10^4 a 10^5 vezes a nível de "background" e a acumulação do metil mercúrio em peixes atinge cerca de 100 vezes mais toxicidade que na fase inorgânica.

O Hg NO ORGANISMO: O mercúrio pode entrar no organismo humano na forma metálica e organificado. Na forma metálica, é conhecido por contaminação ocupacional, constitui-se da entrada direta do Hg⁰ no estado líquido ou de vapor durante a queima do amálgama com o ouro. No estado de vapor se apresenta com alta toxicidade quando inalado pelo homem, por ser totalmente absorvido pelos alvéolos pulmonares. Uma vez nos pulmões, o mercúrio entra para a circulação sangüínea, atravessa as membranas das células e aloja-se nos tecidos. Quando oxidado nos glóbulos vermelhos, pode ser transformado ionicamente em metilmercúrio formando outros compostos solúveis. Sendo a taxa de entrada maior que a de eliminação, o mercúrio acumula-se e pode atingir o sistema nervoso central. Na forma organificada a via de acesso ao homem é preferencialmente a ingestão de pescados, água e alimentos com taxas elevadas de

concentração de Hg. A medição da quantidade de concentração de mercúrio nos seres humanos é determinada a partir de cabelo, sangue e urina. A Organização Mundial de Saúde (OMS) considera que o nível máximo permissível sem risco à população é de 50 partes por milhão, ou seja, 50 microgramas de Hg por grama de cabelo.

O Hg NO AMBIENTE: Durante os últimos anos inúmeros trabalhos têm sido efetuados, com objetivo de quantificar dos teores de Hg nos diversos compartimentos do ecossistema, assim sendo, o mercúrio total no ar foi estimado de 20 a 30% como proveniente de fontes antropogênicas (PFEIFFER & LACERDA 1988), e a emissão global de mercúrio de origem antropogênica estimada é de 6.000 a 50.000 t/ano-1, e representa de 25 a 40% do total de lançamentos (NRIAGU 1990). PADOVANI et al. (1995) estimam em mais de 100 mil toneladas anuais de mercúrio lançadas ao ambiente. De acordo com MALM et al. (1997) nos últimos 20 anos duas mil toneladas de mercúrio foram lançadas ao ambiente pelos garimpos de ouro, apenas na região amazônica e, especificamente para o Estado de Rondônia, estimam-se 200 a 300 toneladas de ouro em 10 anos de garimpo no rio Madeira. Durante a etapa de queima do azougue, parte do mercúrio volatiliza-se para a atmosfera, e outra parte deposita-se diretamente no solo e/ou nas águas do rio. O tempo de residência do Hg⁰ volatilizado é estimado em 2 dias e é incorporado à circulação atmosférica regional, que ao contato com o oxigênio e ozônio se oxida de Hg⁰ para Hg²⁺ forma iônica mais reativa do mercúrio, ficando, assim, disponível na atmosfera para incorporação de outros radicais orgânicos e inorgânicos. O íon mercúrio por ter alta densidade e solubilidade, retorna ao solo pela precipitação e por lixiviação pode chegar aos rios e lagos. A medição da concentração de mercúrio no ambiente pode ser realizada em amostras de solos, sedimentos (de corrente, fundo e particulado em suspensão) e água por espectrofotometria de absorção atômica, um dos métodos mais usuais.

Hg EM PEIXES: A incorporação do mercúrio pelos peixes envolve várias etapas, sendo a organificação uma das principais. PFEIFFER et al. (1989) explicam que a organificação do mercúrio pode ocorrer fora de organismos vivos, desde que exista alta concentração de ácidos fúlvicos e húmicos (ácidos de grande peso molecular) no meio aquático, sendo acelerada em ambientes ácidos, com pH 6, mas em sua totalidade é mediado por fenômenos biológicos. Sua reação química pode ser considerada um mecanismo de

eliminação de Hg das células. O mercúrio entra na célula bacteriana na forma iônica (Hg^{2+}) e sofre redução para Hg^0 . Após a redução, o di-metil-Hg é formado enzimaticamente, mediado pela homocisteína (N^5 metiltetra-hidrofolato transmetilase), ou não enzimaticamente, pela transferência de grupos metil da metilcobalamina presente nas células bacterianas para íons de mercúrio. Assim, o di-metil-Hg pode se difundir para fora da bactéria. Em meio com pH alcalino, escapará para água e atmosfera, mas em pH ácido será convertido em mono-metil-Hg e permanecerá na água, sendo facilmente incorporado em peixes. O processo de acumulação do metil mercúrio em peixes é de especial interesse, posto que, organificado ele atinge cerca de 100 vezes mais toxicidade que na fase inorgânica, por biomagnificação e bioacumulação. A biomagnificação aumenta a concentração do Hg nos organismos vivos quando passa de um nível trófico inferior para um superior. Como a região do Estado de Rondônia é caracterizada por clima úmido, de altas temperaturas, índice pluviométrico maior que 2000 mm/ano, pH ácido e matéria orgânica abundante, possui todos os condicionantes físico-químicos catalisadores do processo de metilação do Hg^0 .

O peixe é, destacadamente, um dos recursos naturais mais importantes para as populações amazônicas. Constitui um recurso alimentar de fácil acesso aos habitantes das inúmeras vilas e povoados que, naturalmente, localizam-se às margens dos cursos d'água. SANTOS et al. (1991) também destacam a importância do peixe e sua ação na natureza, pois, como "organismos vertebrados mais abundantes nas águas amazônicas", "têm um papel decisivo como mantenedores da riqueza e do equilíbrio ecológico", constituem não somente a base alimentar de muitas populações humanas, como de inúmeras outras espécies de predadores, répteis e mamíferos, "além de servirem como agentes biológicos de dispersão de sementes e como enriquecedores naturais do sistema aquático, através da conversão da biomassa vegetal em matéria animal e mineral".

A despeito da enorme importância ecológica, como fonte alimentar, e do importante papel na economia local, diversos fatores concorrem para a diminuição considerável da quantidade e qualidade do pescado na região e no País como um todo. SILVA (1981) ressalta o papel da poluição, causada por resíduos industriais e domésticos, do represamento dos cursos de inúmeros rios impedindo que muitas espécies desenvolvam seu ciclo de reprodução e crescimento, e do desmatamento das matas ciliares, causando erosão com conseqüentes modificações nas

características físico-químicas das águas e desequilíbrio das condições biológicas, podendo, em muitos casos chegar ao assoreamento do canal.

PEIXES NO RIO MADEIRA/RO: Alguns fatores poluidores produzem impacto em curto prazo, modificando rápida e drasticamente um determinado ambiente, outros, porém, podem ter entrada lenta no ecossistema, de modo que os efeitos deletérios apenas sejam observados após longo tempo de contato com a ictiofauna. Podem-se citar muitos exemplos de agentes, substâncias ou elementos que, em diversos casos ou circunstâncias produzem efeitos nocivos, como o Cu (cobre), Co (cobalto), Zn (zinco), entre outros, e especialmente o Hg (mercúrio), no Estado de Rondônia, em função da prospecção aurífera que se desenvolve há décadas na região, sobretudo a de ouro aluvionar na calha do rio Madeira.

Com base em estudos diversos e levantamentos anteriores de exposição da ictiofauna e de populações humanas ao elemento mercúrio (Hg) e seus compostos, teme-se que a atividade garimpeira de ouro na região tenha desencadeado um processo de contaminação, atingindo níveis críticos com grande prejuízo para as populações humanas ribeirinhas, que têm no pescado sua mais importante fonte protéica (LACERDA et al., 1990; SILVA 1996).

Desde 1986 a equipe de pesquisadores do Laboratório de Radioisótopos vem desenvolvendo, em conjunto com o Departamento de Geografia da UFRO investigações sobre a contaminação por mercúrio em amostras abióticas (sedimentos de rio, solos e ar) e bióticas (peixes e amostras humanas como cabelo, sangue e urina) na região do rio Madeira. Por vários anos, todas as amostras coletadas eram analisadas no Rio de Janeiro, porém, a partir de 1994, com a instalação do Laboratório de Geoquímica Ambiental na UFRO o trabalho de pesquisa foi enormemente facilitado, permitindo maior cobertura e melhor acompanhamento da questão do mercúrio na região. Tanto assim que, nesses últimos três anos vários trabalhos foram publicados, em seminários PIBIC/CNPq, SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência), congressos internacionais, além de tese de doutoramento e monografia final de curso. Toda essa produção foi possível, graças ao trabalho intensivos dos pesquisadores e alunos bolsistas, bem como a qualidade dos aparelhos, pois são do mais alto padrão de tecnologia para análises de metais pesados, especificamente para o Hg, com precisão analítica, reprodutibilidade e sensibilidade. (BASTOS; 1997) ao correlacionar os resultados obtidos no processo de análise, concluiu que, o

Laboratório da UFRO obteve um excelente desempenho na avaliação da amostra de "referência interna", controle de qualidade satisfatório, relação boa com as amostras de peixes e com os procedimentos adotados para diferentes matrizes analisados.

Nesses três anos de funcionamento do Laboratório de Geoquímica Ambiental da UFRO, um grande número de análises foi efetuado, e esta é uma contribuição ao trabalho de monitoramento da contaminação mercurial na bacia do rio Madeira, envolvendo os seus afluentes Jamari e Jacy Paraná, tendo por base, amostras de peixes, sedimentos, água e ar. No rio Jamari, estuda-se também o reservatório da Hidroelétrica de Samuel por não sofrer ligação direta com o rio Madeira, sendo, assim, considerado como área de controle. O lago artificial da hidroelétrica de Samuel assume importância ainda maior pela existência de populações tradicionais que habitam áreas circunvizinhas à represa e ao longo do próprio rio.

CONCLUSÃO: Deve-se estar atento ao fato de que, neste trabalho, os procedimentos de química analítica inserem-se numa questão geográfica de ordem social que é a problemática do garimpo, enquanto instrumento que proporciona o conhecimento sobre um dos lados desta problemática, as conseqüências, nesse contexto, do uso do mercúrio como amalgamador do ouro, é a forma de retorno da contaminação para populações humanas, pela ingestão do pescado. Em outras palavras, a contaminação ambiental pelo elemento mercúrio traz em si uma discussão sobre a interferência do homem no meio e seus desdobramentos na relação sociedade-natureza. Em termos econômicos, deve-se contextualizar, também, o processo de produção de ouro nos garimpos, bem como a relação de trabalho nos termos de "mais valia" do trabalho "versus" o apurado. Salienta-se que os estudos que vêm sendo desenvolvidos no Laboratório de Geoquímica Ambiental da Fundação Universidade Federal de Rondônia, agora também, com o apoio institucional de pesquisadores do laboratório de Geografia Humana e Planejamento Ambiental, apesar de extremamente relevantes, expõem apenas uma pequena ponta dessa problemática. Cabe lembrar as palavras de LACERDA (1998), quando relaciona as diferenças entre Minamata e Amazônia, dizendo que: *"se surgirem casos da doença na Amazônia, pouco poderá ser feito a não ser o tratamento das vítimas. Enquanto o desastre de Minamata pode ser considerado acidental,*

dado o pouco conhecimento da época sobre a química ambiental do mercúrio e seus efeitos, na Amazônia, um incidente desse tipo seria, no mínimo, crime”.

BIBLIOGRAFIA

- BASTOS, W.C. **Método de digestão utilizando microondas para determinação automatizada de Hg em amostras ambientais e humanas: implantação de laboratórios e avaliação da qualidade analítica.** Rio de Janeiro, Dissertação de mestrado submetida ao Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997. pp 102.
- GALI, P. A. S.. **Contaminação mercurial em peixes carnívoros dos rios Madeira, Jacy-Paraná e Jamari Rondônia.** Porto Velho-RO, Monografia de bacharelado apresentado ao Departamento de Geografia da Fundação Universidade Federal de Rondônia, 1997. pp.58
- HIROYUKI, M.; FUTATSUKA, M.; KINJO, Y.. **Fetal Minamata Disease - a Review.** In: **Proceedings of the international Symposium on "Assessment of Environmental Pollution and Health Effects from Methylmercury"**. Kumamoto, 1993.242 p.
- KOMYO, E.; OYANAGI. S.; ITAI. Y.; TOKUNAGA. H.; TAKIZAWA. Y.; SUDA. I., Pathological Findings on a Fetal type of Minamata Disease. In: **Proceedings of the international Symposium on "Assessment of Environmental Pollution and Health Effects from Methylmercury "**. Kumamoto, 1993.242 p.
- LACERDA, L. D., FORSBERG, B. R.; RAMOS, J. F. F.Ciclo biogeoquímico do mercúrio no ecossistema amazônico - proposta de estudos prioritários. in: HAGON, S.; LACERDA, L. D. PFEIFFER, W. C. e CARVALHO, D. (Orgs.) **Seminário Nacional - Riscos e Consequências do Uso do Mercúrio.** Rio de Janeiro, FINEP, Min. da Saúde, IBAMA e CNPq. 1990
- LACERDA, L. D.. **Mimamata livre de mercúrio: baía japonesa está descontaminada depois de 40 anos.** Ciência Hoje, Vol. 23 N. 132,1997. p.(24) -(31).
- MALM, O.; GUIMARÃES, J. R. D.; CASTRO, M.B.; BASTOS, W. R.; BRANCHES, F. J. P.; PFEIFFER, W. C.; VIANA, J. P; SILVEIRA, E. G.. **Mercúrio na Amazônia: evolução da contaminação ambiental e humana.** Ciência Hoje, vol. 22 n 128, Maio-junho, 1997. p. 16-23.
- NRIAGU, J, O. **Global metal pollution poisoning the biosphere, Environment.** Toronto, Vol. 1, no.7, 1990.7 p.
- PADOVANI, C.; FORSBERG, B. & PIMENTEL, T. **Contaminação mercurial em peixes do rio Madeira: resultados e recomendações para consumo humano.** ACTA AMAZÔNICA 25(1/2): 1995. 127-136.
- PFFEIFER, W. C.; LACERDA, L. D.**Mercury inputs to the Amazon region, Brazil.** Environ. Technol. Lctt., London, 1988. 9-325-350.
- PFFEIFER, W. C.; LACERDA, L. D.; MALM, O.; SOUZA, C. M. M.; SILVEIRA, E. G & BASTOS, W. R. **Mercury concentrations in inland waters of Rondônia, Amazon, Brazil.** Sei. Tot. Environm. 1989.87/88:233-240.
- SANTOS, G. M.:. **Composição do Pescado e Situação da Pesca no Estado de**

Rondônia. Acta Amazônica, 16/17. 1991.p43-84

SILVA, A. P. **Mercúrio em ambientes aquáticos de Poconé - MT.** São Paulo, Tese de Doutorado submetida ao Instituto de Geociências (IG) da Universidade de São Paulo, 1996. 118 p.

SILVA, J. W. B. **Recursos Pesqueiros de Águas Interiores do Brasil, Especialmente do Nordeste.** Fortaleza, DNOCS. 1981.98 p.

SILVEIRA, E. G. **Mobilização do mercúrio e outros elementos no rio Madeira/RO, entre as cachoeiras de Teotônio e Santo Antônio.** Rio Claro-SP, Tese de doutoramento apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista- UNESP/Campus Rio Claro. 1998,98pp

Dr. Ene Glória da Silveira, Professor do Depto de Geografia/UFRO, Coordenador do Laboratório de Geoquímica Ambiental e Pesquisador Associado do Laboratório de Geografia Humana e Planejamento Ambiental.

****Priscila Andrea Salvioni Gali,** Geógrafa, pesquisadora associada do Laboratório de Geoquímica Ambiental.

*****Ronilson Vasconcelos Barbosa,** bolsista PIBIC/CNPq/UFRO / Ivaney Carvalho Braga, bolsista PIBIC/CNPq/UFRO.