

¹⁰ *Revista Cosmos*, n° 653, p.132.

¹¹ 1 onça equivale a 28,35g.

¹² Químico e físico inglês, nascido em Londres (1822-1919). Descobridor do elemento Tálío e inventor do radiômetro e dos tubos ou ampolas chamados *de Crookes*.

¹³ Alquimista francês do século XIX, escreveu a obra "L'or et la transmutation des Metaux" ["O ouro e a transmutação dos Metais"], editado pela editora

Chacornac, Paris, 1889.

¹⁴ Nome antigo da África do Sul.

¹⁵ Tradução: "Receita para o ouro artificial". No livro, J.M. de Vèze dedica um espaço apreciável às propostas e impactos causados por esta revista.

¹⁶ As notas 6, 7, 8 e 10 constam do livro de J.M. De Vèze, as demais foram introduzidas pelo autor deste artigo. As notações entre parênteses correspondem às páginas do original.

ASSUNTOS GERAIS

O MERCÚRIO E O AMBIENTE: UM PONTO DE VISTA

João Carlos de Andrade e Maria Izabel M.S. Bueno

Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química
CP 6154 — 13081 — Campinas (SP)

Recebido em 02/03/89

A agressão antropogênica ao ambiente tem sido considerada sob diversas formas, e o uso indiscriminado do mercúrio em garimpos é comumente mostrado como um dos exemplos mais representativos do que o homem pode causar aos ciclos naturais.

A introdução de mercúrio no ambiente pode, sem dúvida levar a acidentes ecológicos graves, dependendo da forma química e dos níveis de concentração deste elemento. Este ponto é importante, já que há possibilidades de interconversão de espécies de mercúrio com toxicidade variável. A Figura 1 mostra algumas destas conversões.

O primeiro desastre ambiental de repercussão mundial causada por contaminação por mercúrio aconteceu em 1953, na Baía de Minamata, no sudoeste do Japão¹. Os indivíduos daquela região foram progressivamente acometidos de enfraquecimento muscular, perda de visão, danos das funções cerebrais e paralisias eventuais que, em inúmeros casos, resultaram em coma e óbito. Esta doença ficou conhecida como "Doença de Minamata" e somente em 1959, após muitos estudos, verificou-se que a sua causa estava no consumo de peixes e crustáceos contaminados com metilmercúrio, oriundo de efluentes da indústria Chisso Co., fabricante de plásticos de PVC.

Outros registros de envenenamento por compostos deste metal constam da literatura, incluindo os causados pela ingestão de sementes de trigo e milho tratadas com fungicidas mercuriais. Em 1972, no Iraque, um desastre deste tipo provocou a morte de pelo menos cinco mil pessoas¹.

Apesar de todas as evidências do perigo de assimilação de compostos de mercúrio, as formas inorgânicas são comprovadamente muito menos tóxicas. O mercú-

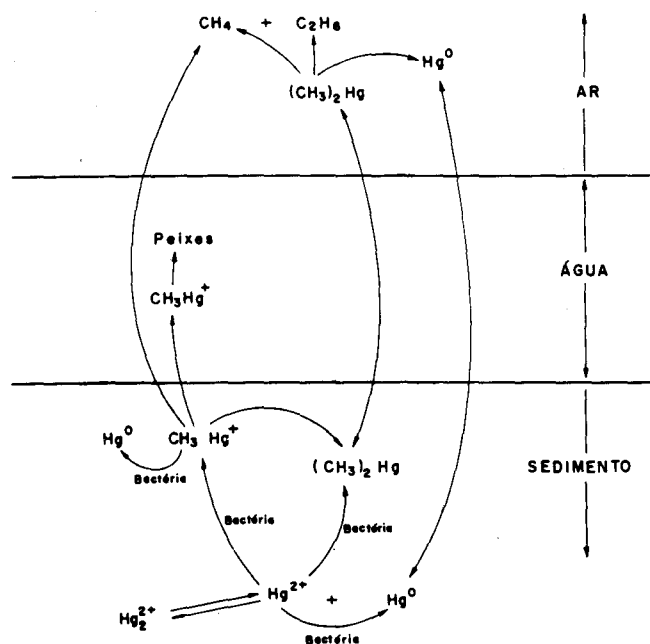


Figura 1. Ciclo do mercúrio no ambiente e seus mecanismos naturais de oxidação, redução e biometilação¹.

rio metálico, por exemplo, é empregado na fabricação de amálgamas para uso odontológico, e soluções de Hg²⁺ são usadas na conservação de lentes de contato gelatinosas, suscetíveis a ataques de fungos.

Contudo, além da introdução do mercúrio no ambiente, que origina-se majoritariamente sob ação antropogênica, há também que se considerar o seu aporte natural, que sozinho contribui com cerca de 10% do total. As fontes não-antropogênicas mais importantes são o

intemperismo químico das rochas, as erupções vulcânicas e hidrotérmicas e a combustão natural. Em certas áreas, como no Havai ou na Islândia, a atividade vulcânica pode dar origem a níveis de Hg no ar cerca de 100.000 vezes maiores que em áreas contaminadas apenas por ação antropogênica².

No Brasil, além das preocupações quanto ao seu emprego industrial (ver Figura 2), o aporte do mercúrio no ambiente, através do seu uso cada vez mais crescente e indiscriminado no processo de amalgamação com ouro nas áreas de garimpo, tem sido uma preocupação constante dos ambientalistas, já que veem neste processo extrativo uma fonte muito grave de contaminação por mercúrio. Neste caso, as atenções se voltam imediatamente para o sistema hídrico. O método de extração de ouro com o mercúrio, que não é o mais adequado e nem o de maior rendimento³, consiste em separar o amálgama Au-Hg formado, através de sua "queima", onde o mercúrio, mais volátil, é liberado para a atmosfera. Durante o processo de amalgamação, a relação Au:Hg utilizada varia entre 1:3 a 1:5, de tal modo que para cada quilograma de ouro produzido, pelo menos 1,32 kg de mercúrio são perdidos para o ambiente⁴. Deste total, estima-se que cerca de 55% são lançados na atmosfera através do processo de sublimação e o restante, aproximadamente 45%, na forma de mercúrio metálico, fica nos sedimen-

tos de fundo dos cursos d'água. A possibilidade de metilação deste mercúrio metálico retido nos sedimentos, entretanto, é muito remota, pois depende de fatores que criem condições propícias para a formação de forma oxidada do metal (Hg^{2+}), o que é difícil de ocorrer nestes ambientes aquáticos⁵. Além disso, para que pudesse ser considerado como prejudicial à saúde humana, este mercúrio oxidado teria que ser metilado e bioconcentrado por organismos aquáticos e estes, por sua vez, teriam que ser consumidos pelo Homem. Estudos adicionais indicam⁵ que o mercúrio metálico sofreria metilação nestes ambientes somente se a sua concentração na água estivesse contida na faixa de 1 a 100 $\mu g\ ml^{-1}$. Isto somente seria possível se a temperatura da água fosse relativamente alta ($\sim 50^{\circ}C$ ou acima). Este valor pode ser facilmente calculado através da equação $\log[Hg^0] = -118,04 + 4715,2/T + 42,02 \log T$, onde a solubilidade é dada em $\mu g\ l^{-1}$ e T é dada em kelvin⁶. Dados obtidos recentemente mostram que a concentração de mercúrio na água em regiões de garimpo é significativamente menor que a encontrada no sedimento recolhido no mesmo sítio de amostragem, e parece ser independente do conteúdo de mercúrio no sedimento⁷.

Assim, podemos considerar que o mercúrio metálico fica como que "adormecido" nos sedimentos dos rios.

As análises feitas em amostras de sedimentos de leitos

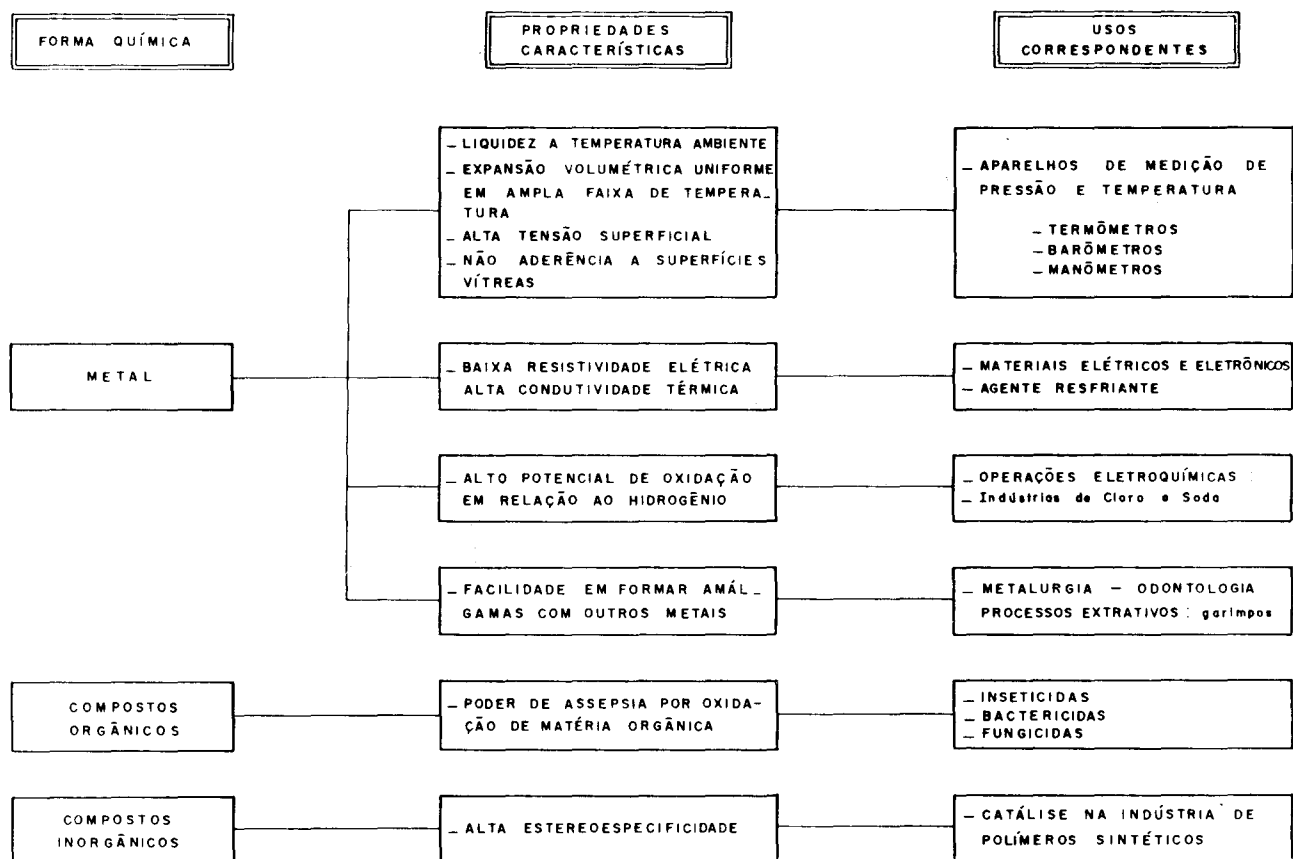


Figura 2. Diversos usos industriais do mercúrio, em função de sua forma química e de suas propriedades características⁸.

de rios e córregos de regiões de garimpo localizadas próximas a Guarinos e Pilar de Goiás⁷, mostram que o metal acumula-se no sedimento, em pontos específicos, até no máximo 100 metros de onde foi liberado, principalmente onde haja barreiras naturais (ou artificiais) ao transporte do sedimento. Nesta região, os valores máximos de concentração de mercúrio, encontrados nos sedimentos com granulometria menor que 0,106 mm, não chegou a 30 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Estes dados, que foram obtidos durante a estação seca, quando espera-se obter valores mais altos de concentração, são bem menores que alguns resultados descritos para rios de maior porte no Canadá e na Europa⁸. Especificamente no caso de prospecção de ouro, o porte do rio também influi na concentração. Por exemplo, estudos mostraram que os teores de mercúrio em sedimentos do rio Madeira variaram de 35 a 1675 ng ml^{-1} , apesar da estimativa do uso de cerca de 105 toneladas de mercúrio em atividades de garimpo⁹ entre 1975 a 1985.

Por outro lado, os níveis de concentração de mercúrio total nas águas dos rios e córregos da região de Pilar de Goiás não ultrapassaram 5 ng.ml^{-1} , enquanto que o nível médio de fundo ("background") em águas da área⁷, longe de sítios atuais de prospecção, é menor que 2 ng ml^{-1} . Estes níveis, apesar de relativamente altos quando comparados com águas naturais comprovadamente livres de contaminação antropogênica por mercúrio⁸, são bastante baixos se considerarmos que o início das atividades de prospecção de ouro em Goiás, data do início do século XVI¹⁰. Assim, o aporte de mercúrio metálico como despejo nos leitos dos rios pode não ser, pelo menos a curto prazo tão alarmante quanto aparenta ser. O principal dano ambiental está mesmo relacionado com o vapor de mercúrio liberado para a atmosfera, principalmente em áreas de garimpo, durante o processo de queima da amálgama. Este vapor de mercúrio pode ser facilmente oxidado pelo oxigênio do ar e tem chances reais de ser levado a participar da cadeia alimentar do Homem.

No caso da prospecção de ouro, onde a delapidação da riqueza nacional é evidente, pois no processo de amalgamação perde-se cerca de 40 a 60% do ouro⁴ e grandes áreas são desmatadas, expondo o solo a um processo subsequente de erosão, o aporte do mercúrio nas águas pode até não ser o ponto mais crítico. Muitos outros elementos podem estar contaminando os rios ao serem liberados para o sistema hídrico durante o processo de extração do ouro, como é o caso de altas concentra-

ções de arsênio, encontradas em garimpos onde o ouro era extraído de arsenopirita⁷.

Do exposto, nota-se que não se pode usar de argumentações simplistas em questões ambientais, dada a complexidade dos fenômenos naturais. É preciso conhecer bem estes fenômenos, de modo a se avaliar corretamente os riscos quando da ação de terceiros sobre o ambiente. Em vista disso, apenas o esclarecimento dos diversos segmentos da população, baseados em dados cientificamente comprovados, seria a saída mais eficiente para se evitar extremismos e ações indevidas. Somente uma educação adequada, aliada a estudos científicos multidisciplinares sérios e a uma ação determinada das autoridades para coibir abusos, impedirá a devastação das riquezas nacionais e o aumento da poluição, causadas por atividades não planejadas e fora de controle.

REFERÊNCIAS

- 1 Salomons, W.; Förstner, V.; "Metals in the Hydrocycle", Springer Verlag; Germany (1984).
- 2 Johnson, D.L.; Braman, R.S.; *Environ. Scienc. & Technol.* (1974), 8, 1003.
- 3 Pereira, N.M.; *Brasil Mineral* (1985), 20, 113.
- 4 Maron, M.A.C.; "Situação Atual e Perspectiva do Mercado d Ouro no Brasil", Relatório Técnico do Departamento Nacional de Pesquisas Minerais, Ministério da Minas e Energia, Brasília (1987).
- 5 Stolzenburg, T.R.; Stanforth, R.R.; Nichols, D.G.; *J. Am. Waters Works Assoc.* (1986), 78, 45.
- 6 Glew, D.N.; Hames, D.A.; *Can. J. Chem.* (1971), 49, 3114.
- 7 de Andrade, J.C.; Bueno, M.I.M.S.; Soares, P.V.; Choudhuri, A.; *An Acad. brasil. Cienc.* (1988), 60, 000.
- 8 Moore, J.W.; Ramamoorthy, S.; "Heavy Metal in Natural Waters — Applied Monitoring and Impact Assessment", Springer Verlag; New York (1984).
- 9 Lacerda, L.D.; Pfeiffer, W.C.; Malm, O.; Souza, C.M.M.; Bastos, W.R.; Silveira, E.G.; "Contaminação por Mercúrio na Amazônia: Avaliação Preliminar do Rio Madeira, Rondônia", Anais do I Congresso Brasileiro de Geoquímica, Porto Alegre, Vol. 2, p. 165-169 (1987).
- 10 Von Eschwege, W.L.; "Pluto Brasilienses", Vol. I, Tradução do original alemão por D.F. Murta, Cia Editora Nacional, São Paulo (1944).