

Avaliação dos Teores de Mercúrio em Águas e Sedimentos Fluviais na Ecorregião Aquática Xingú-Tapajós (Amazônia Brasileira)

Juan Pereira Colonese

Bolsista de Iniciação Científica, Engenharia Ambiental, UFRJ

Zuleica Carmen Castilhos

Orientadora, Geoquímica Ambiental, D. Sc.

Ricardo Gonçalves Cesar

Co-orientador, Geologia Ambiental, M. Sc.

Resumo

O teor de mercúrio total foi determinado em 55 amostras de águas e sedimentos fluviais coletadas na ecorregião aquática Xingu-Tapajós (Amazônia brasileira). Os resultados indicaram baixos níveis de contaminação para os sistemas fluviais estudados, com teores maiores de Hg para os sedimentos da região de Itaituba (PA). A análise do HgT em águas fluviais indicou concentrações abaixo do limite de detecção do método empregado, sugerindo ausência de anomalias geoquímicas significativas. Menos de 10% das amostras de sedimento acusaram algum nível de toxicidade em comparação aos valores orientadores da Resolução 344 do CONAMA (2004). Através do cálculo do índice de geoacumulação de Hg, baseado em valor de background de 50ng/g obtido em testemunhos de sedimentos, 67% das amostras foram classificadas como não poluídas. Por fim, espera-se que esses resultados possam servir como subsídio à delimitação de sub-ecorregiões aquáticas, através da integração futura com dados bióticos, visando à manutenção e conservação da biodiversidade amazônica.

1. Introdução

A emergência do conceito de ecorregião, em biogeografia, tem adquirido importância destacada face às atuais demandas dos profissionais de meio ambiente e ecologia, sobretudo no que diz respeito ao planejamento e uso sustentável do espaço geográfico. A delimitação de regiões geográficas, visando à conservação da biodiversidade, vem se tornando premissa fundamental na tomada de decisão e priorização de zonas críticas em programas de controle ambiental e de gerenciamento dos recursos naturais, incluindo o meio biótico.

Os solos e sistemas fluviais são considerados compartimentos-chave para a manutenção da biodiversidade aquática. Entretanto, sobretudo a partir da década de 60, estes ecossistemas vêm sofrendo sensíveis alterações ambientais na região amazônica, em decorrência, principalmente, do acelerado crescimento urbano ao longo da Rodovia Transamazônica, do avanço da fronteira agrícola da soja, da expansão da pecuária, exploração madeireira e atividades garimpeiras (Walker & Homma, 1996) – sendo esta última fortemente atrelada à poluição por mercúrio em solos e ecossistemas aquáticos (Rodrigues-Filho, 2005).

A contaminação por mercúrio tem despertado a atenção da comunidade científica pelo grande potencial de causar severos danos à saúde humana e ambiental. As fontes antropogênicas de poluição mercurial estão usualmente associadas ao emprego do metal na confecção de lâmpadas fluorescentes, baterias recarregáveis,

termômetros, barômetros, em indústrias soda-cloro e, sobretudo no caso da Amazônia, atividades de garimpo de ouro, onde freqüentemente o mercúrio é utilizado de maneira inadequada durante os processos de amalgamação e concentração gravítica (Rodrigues-Filho, 2005).

Desde de 2006, um grupo de instituições científicas, liderado pelo CETEM/MCT, desenvolve o projeto Delineamento da Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós (AquaRios - <http://www.cetem.gov.br/aquarios>), cujo objetivo principal é a elaboração do diagnóstico ambiental dos sistemas aquáticos desses dois rios amazônicos e a delimitação de sub-ecorregiões aquáticas, com base em dados bióticos e abióticos (primários e/ou secundários). Como uma das atividades previstas para o projeto AquaRios, o presente trabalho trata da avaliação das concentrações de mercúrio total em amostras de águas e sedimentos fluviais coletadas ao longo da ecorregião aquática Xingu-Tapajós, como subsídio preliminar ao delineamento de sub-ecorregiões aquáticas e ao entendimento dos mecanismos de mobilidade e biodisponibilidade do metal no ambiente amazônico.

2. Materiais e Métodos

2.1 Amostragem

A campanha de campo foi realizada no período de 25 de Setembro a 13 de Outubro de 2008. O critério para a escolha dos pontos a serem coletados (Figura 1) foi baseado em uma amostragem que englobasse atributos importantes da geologia regional, tipos de solo, usos da terra, biodiversidade, climatologia e hidrografia. O roteiro percorrido englobou as Rodovias Transamazônica e BR163, além do Parque Nacional do Jamaxin, Parque Estadual Cristalino e Parque Nacional Cristalino II, atravessando áreas militares e indígenas. Dessa forma, a campanha de coleta envolveu os Estados do Pará (PA) e Mato Grosso (MT) (Figura 1), tendo sido iniciada no município de Altamira (PA) e finalizada em São Felix do Xingu (PA).

As amostras de sedimentos fluviais de corrente foram coletadas a 20cm de profundidade, acondicionadas em sacos plásticos e posteriormente enviadas ao Laboratório de Especificação de Mercúrio Ambiental (LEMA) do CETEM. Em laboratório, as amostras foram secas à temperatura ambiente, desagradadas com gral e pistilo de porcelana, peneiradas a 0,075 mm e posteriormente despachadas para análise química. As amostras de água foram coletadas com o auxílio de recipiente de polietileno. Em campo, as amostras foram conservadas em meio ácido (HNO_3) e enviadas ao LEMA para a quantificação do mercúrio total (HgT).

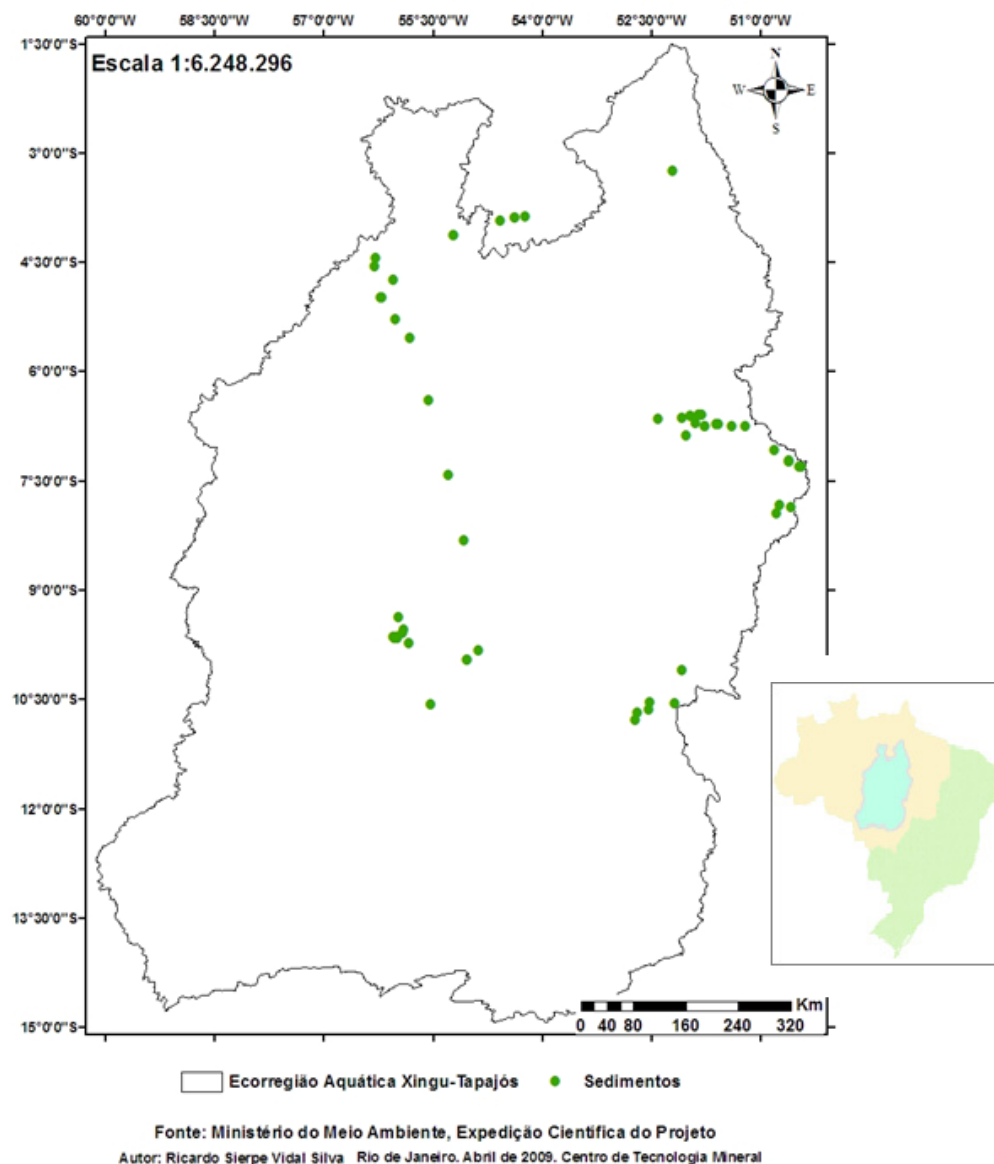


Figura 1. Pontos de coleta de águas e sedimentos fluviais na ecorregião aquática Xingu-Tapajós.

2.2 Determinação dos Parâmetros Físico-Químicos

O pH, oxigênio dissolvido (O.D.), condutividade elétrica e turbidez foram medidos em campo, com o emprego de ECO-KIT (Marca ALFAKIT). A determinação do HgT, em águas e sedimentos, foi realizada com o equipamento portátil Lumex, uma absorção atômica acoplada à técnica de termodessorção. As análises de pH dos sedimentos foram efetuadas por meio de eletrodo combinado imerso em uma suspensão solo:líquido na proporção 1:2,5 (água).

2.3 Avaliação da Magnitude da Contaminação

O grau de contaminação dos sedimentos fluviais foi avaliado através:

- Da comparação com os valores orientadores estipulados pela Resolução 344 do CONAMA (2004): 170ng/g (nível 1) e 486ng/g (nível 2); teores correspondentes aos limites para os quais existe baixa ou alta probabilidade de ocorrência de efeitos tóxicos na biota bentônica, respectivamente; e
- Do cálculo dos índices de geoacumulação (IGEO) (Müller, 1979 *apud* Rodrigues-Filho, 1995) (Equação 1). O cálculo deste índice foi baseado em teores de background de 50ng/g de HgT, obtido na base de testemunhos de sedimentos coletados na região do Tapajós (Peregovich, 1998). A partir do valor obtido com o IGEO, são definidas as classes de IGEO, demonstradas na Tabela 1, que descrevem a intensidade da poluição em relação ao background.

$$\text{IGEO} = \text{Log}_2 \text{Me} / \text{NBNMe} \quad (1)$$

Onde,

Me: Concentração do metal no sedimento;

NBNMe: Background geoquímico considerado para a área de estudo (50ng/g).

Tabela 1. Índice de Geoacumulação (IGEO) de Metais Pesados nos Sedimentos do Rio Reno (Alemanha).

Intensidade da Poluição	Acumulação no Sedimento	Classe IGEO
Muito a fortemente poluído	> 5	6
Forte a muito fortemente poluído	> 4 – 5	5
Fortemente poluído	> 3 – 4	4
Moderado a fortemente poluído	> 2 – 3	3
Moderadamente poluído	> 1 -2	2
Pouco a moderadamente poluído	> 0 – 1	1
Praticamente não poluído	< 0	0

Fonte: Müller (1979 *apud* Rodrigues-Filho, 1995).

3. Resultados e Discussão

A análise de HgT em sedimentos (Tabela 2) revelou, de forma geral, teores baixos. Em comparação aos valores orientadores do CONAMA (2004), 7% das amostras se enquadraram no Nível 1 e apenas uma amostra no Nível 2 (Tabela 2). As referidas amostras foram coletadas próximas à região de Itaituba (PA), onde a uso da terra pela mineração artesanal de ouro data dos anos 80 e ainda é significativa. Entre os demais pontos de coleta, não houve diferença espacial significativa entre os teores de HgT, os quais, em geral, ficaram abaixo de 50ng/g. O valor médio de HgT obtido para toda a ecorregião foi de $61,8 \pm 85,6$ ng/g. – valor semelhante ao teor de background de 50ng/g sugerido por Peregovich (1998).

Tabela 2. Valores de pH, mercúrio total (HgT) e índices de geoacumulação (IGEO) em amostras de sedimentos fluviais coletados na eco-região aquática Xingu-Tapajós.

Amostra	pH	HgT (ng/g)	Classe do IGEO	Amostra	pH	HgT (ng/g)	Classe do IGEO
SD-01	5,5	20,0	0	SD-29	5,7	37,0	0
SD-02	5,0	46,0	0	SD-30	7,8	69,0	1
SD-03	5,3	33,5	0	SD-31	5,2	26,5	0
SD-04	5,7	213,0*	3	SD-32	5,3	19,0	0
SD-05	5,5	88,0	1	SD-33	6,0	9,7	0
SD-06	4,8	65,5	1	SD-34	7,2	21,5	0
SD-07	5,2	279,5*	3	SD-35	5,8	29,5	0
SD-08	5,9	2,5	0	SD-36	4,1	29,5	0
SD-09	4,6	62,0	1	SD-37	5,8	20,0	0
SD-10	5,2	<10	0	SD-38	3,4	44,5	0
SD-11	4,7	81,5	1	SD-39	5,4	45,5	0
SD-12	7,8	549,0**	4	SD-40	6,5	58,0	1
SD-13	6,1	25,5	0	SD-41	5,5	20,0	0
SD-14	4,0	36,5	0	SD-42	5,8	27,0	0
SD-15	8,6	1,7	0	SD-43	6,2	18,0	0
SD-16	5,1	84,0	0	SD-44	5,4	29,0	0
SD-17	5,5	34,5	0	SD-45	5,2	32,0	0
SD-18	7,3	32,0	0	SD-46	4,8	104,0*	2
SD-19	4,6	44,0	0	SD-47	5,7	30,5	0
SD-20	5,1	11,5	0	SD-48	6,1	25,0	0
SD-21	5,5	199,5*	3	SD-49	4,9	36,5	0
SD-22	8,1	87,5	1	SD-50	4,6	34,0	0
SD-23	5,4	158,5	2	SD-51	V.l.	230,5*	3
SD-24	6,3	10,1	0	SD-52	5,5	65,5	1

SD-25	5,3	24,3	0	SD-53	5,5	65,0	1
SD-26	5,3	4,8	0	SD-54	5,8	121,0	2
SD-27	7,3	41,0	0	SD-55	5,5	75,5	1
SD-28	9,2	13,0	0	-			

Notas: VI – valor indisponível; * - acima do Nível 1 (CONAMA 2004); ** - acima do Nível 2 (CONAMA, 2004).

O cálculo dos IGEOs indicaram que 67% das amostras podiam consideradas como praticamente não poluídas, reiterando os baixos níveis de contaminação em comparação ao CONAMA (2004). Ainda, 19% das amostras foram classificadas como pouco a moderadamente poluídas, 5% como moderadamente poluídas, 7% como moderada a fortemente poluídas e 2% como fortemente poluídas. Quando comparado com trabalhos pretéritos, os níveis de contaminação por mercúrio também parecem ser baixos. Apenas 16% das amostras ficaram acima dos valores médios (87 ng/g) encontrados por Aula et al. (1994) em sedimentos fluviais do reservatório de Tucuruí, próxima às Serras Pelada e dos Carajás; 24% das amostras ficaram acima da média mundial de 76ng/g (Jonasson & Boyle, 1979 *apud* Rodrigues-Filho, 1995).

A maior parte das amostras (54%) de sedimentos apresentaram valor de pH menor que 5,5 unidades, e 25% na faixa de 5,6 a 7,0 unidades (Tabela 1). Possivelmente, a acidez dos sedimentos está associada à amostragem de materiais em ambientes de alta (rios de corredeiras – melhor oxigenados) e de baixa (igarapés – mal oxigenados) energia, e, como consequência, à presença de elevados teores de substâncias húmicas. Entretanto, somente a quantificação da matéria orgânica nestes materiais poderá confirmar esta hipótese.

Os teores de HgT nas águas fluviais estiveram abaixo do limite de detecção do método empregado (0.1 ng/g). De fato, a comparação com os teores obtidos por outros autores denota a ausência de anomalias geoquímicas de Hg para estas águas (Tabela 2). Os resultados dos parâmetros físico-químicos não apresentaram variações espaciais significativas ao longo da ecorregião aquática Xingu-Tapajós. Os valores de pH variaram de 4,5 a 7,8 unidades; a condutividade elétrica entre 0,1 e 9,0 mS; os valores de OD 4,3 e 9,0 mg/L; e por fim, os valores para turbidez variaram de 1,1 a 235,4 mg/L. Possivelmente as variação de turbidez, pH e O.D. nessas amostras estão associadas à amostragem de materiais em ambientes de alta de baixa energia, similar aos sedimentos.

Tabela 2. Comparação dos teores de mercúrio total em águas fluviais com trabalho pretéritos

Ambiente de Amostragem	Mercúrio Total (ng/g)	Referência Bibliográfica
Rios não contaminados da Amazônia	<0.04	Solomons & Förstner (1984)
Rios não-contaminados em nível mundial	<0.01	Pfeifer et al. (1989)
Córrego Guanandi (Poconé, MT)	<0.1	Rodrigues-Filho (1995)
Rio Madeira (Rondônia)	≈18	Lechler et al. (1995)

3. Conclusões

Os teores de HgT em águas estiveram próximos a valores de áreas não contaminadas. A determinação de HgT nos sedimentos indicou baixos níveis de contaminação e toxicidade (CONAMA, 2004), próximo ao valor de *background* considerado para a região (50 ng/g). Em trabalhos futuros, além das análises de matéria orgânica e granulometria, será realizada a quantificação de outros metais tóxicos em águas. Estes dados serão integrados ao sistema de informação geográfica do AquaRios, disponível a comunidade científica em geral, auxiliando a delimitação de sub-ecorregiões aquáticas, visando à manutenção e conservação da biodiversidade amazônica.

4. Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa concedida; aos colegas Patricia Araujo, Eliel Alexandrino, Ricardo Sierpe e Fernanda Arruda; aos meus orientadores Zuleica Castilhos e Ricardo Cesar pela orientação e oportunidade no CETEM.

5. Referências Bibliográficas

AULA, I.; BRAUNSCHWEILER, H.; LEINO, T.; MALIN, I.; PORVARI, P.; HATANAKA, T.; LODENIUS, M. JURAS, A. Levels of Mercury in the Tucuruí Reservoir and its Surrounding Area in Pará, Brazil. In: Mercury Pollution: Integration and Synthesis. Boca Raton, Lewis Publishers, 1994, p. 21-40.

CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). 2004. **Resolução 344**. Disponível em: <<http://www.ibrapam.com.br/leis/344%202004%20Dragagem.pdf>>. Acesso em: 20 Abr. 2009.

LECHLER, P.J.; MILLER, J.R.; LACERDA L.D.; VINSON D.; BONZONGO, J.C.; LYONS, W.B.; WARWICK, J.J. Elevated mercury concentrations in soils, sediments, water, and fish of the Madeira River basin, Brazilian Amazon: a function of natural enrichments? **The Science of the Total Environment**, v. 260, p. 87-96, 2000.

Peregovich, B. G. **Quecksilbergehalte in den Sedimenten im Rio Tapajós und am Rio do Rato in der Goldabbauregion Tapajós, sowie roentgenographische Untersuchung und Bestimmung der Tonminerale in den Sedimenten des Rio Tapajós und Rio do Rato**. 1998. Tese (Doutorado) – Instituto de Geoquímica Ambiental, Universität Heidelberg, Heildeberg (Alemanha).

PFEIFFER, W.; LACERDA, L.; MALM, O.; BASTOS, W.; SOUZA, C.; SILVEIRA, E. Mercury contamination in inland waters of Rondônia, Amazon, Brazil. **The Science of the Total Environment**, v. 87/88, p. 233-240, 1989.

RODRIGUES-FILHO, S. 1995. Metais Pesados nas Sub-bacias Hidrográficas de Poconé e Alta Floresta. Série Tecnologia Ambiental, Centro de Tecnologia Mineral, CETEM/MCT, Rio de Janeiro, RJ.

SOLOMONS, W.; FÖRTSNER, U. **Metals in the Hydrocycle**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p. 349.

WALKER, R.; HOMMA, A.K.O. Land Use and land cover dynamics in the Brazilian Amazon: an overview. **Ecological Economics**, v.18, p.67-80,1996.