

# TEORES DE MERCÚRIO EM PEIXES DE RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS

**Felipe Junior Andrade Costa**

Licenciatura Química – IFRJ – 4º. período  
Período PIBIC/CETEM : novembro de 2013 a julho de 2014,  
[fcosta@cetem.gov.br](mailto:fcosta@cetem.gov.br)

**Zuleica Carmen Castilhos**

Orientadora, Farmacêutica, D.Sc.  
[zcastilhos@cetem.gov.br](mailto:zcastilhos@cetem.gov.br)

## 1. Introdução

Em ambientes aquáticos, o mercúrio pode ser interconvertido em algumas espécies químicas, dentre as quais, o metilmercúrio (MeHg), que é considerada a mais tóxica de todas as formas, com reconhecidos efeitos neurotóxico e teratogênico neurotóxico em seres humanos (WHO, 1990) e a principal, se não a única fonte de exposição humana é através da ingestão de peixes e frutos do mar contaminados.

A construção de barragens para usinas e pequenas centrais hidrelétricas é uma das atividades humanas que geram marcantes impactos no ambiente aquático, incrementando transitoriamente os teores de MeHg em peixes, de 3 a 5 vezes, que retornam às concentrações basais de 10 a 30 anos. A relação de causa e efeito entre a criação de reservatórios de hidrelétricas e o aumento nos teores de mercúrio em peixes foi primeiramente mencionada nos Estados Unidos no final dos anos 70, e na Suécia e Canadá, nos anos 80 (Verdon, 1991; WHO, 1990). Entretanto, há uma enorme carência de dados sistemáticos sobre estes fenômenos e sobre os teores de mercúrio em peixes oriundos de reservatórios em sistemas aquáticos tropicais e subtropicais (Castilhos e Rodrigues, 2009).

## 2. Objetivos

Os objetivos deste trabalho são: análises estatísticas dos teores de mercúrio em *O. longirostris* coletados nos diferentes pontos amostrais dos Reservatórios de Salto Santiago e Salto Osório, e a determinação de metilmercúrio nos peixes destas localidades.

## 3. Metodologia

O rio Iguaçu é um rio exclusivamente paranaense, pois corta o estado de leste a oeste, sendo um importante gerador de energia do Sul do país. Cinco usinas hidrelétricas foram construídas, a partir de 250 km das suas nascentes, ocupando praticamente metade da extensão total do rio. Iniciando com Foz do Areia, Segredo, Salto Santiago, Salto Osório, Salto Caxias, finalizando com Baixo Iguaçu, a qual se encontra em fase de licenciamento e previsão de funcionamento a partir de 2014. As usinas de Foz do Areia, Segredo e Salto Caxias pertencem à Companhia Paranaense de Energia Elétrica (Copel), enquanto Salto Santiago e Salto Osório são operadas pela Tractebel Energia.

### Salto Santiago

O início das operações ocorreu em dezembro de 1980 e foi constituída a partir do barramento do rio Iguaçu entre os municípios de Rio Bonito do Iguaçu e Saudade do Iguaçu. O reservatório de Salto Santiago é considerado um reservatório de acumulação. Possui área inundada de 208 km<sup>2</sup>, profundidade média de 35 m e máxima de 70 m; o volume de água de 6,7x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> e o tempo de residência é de aproximadamente 50,8 dias (Tractebel Energia e ECSA 2002b;

Funiversitária/Gerpel e Tractebel Energia, 2004). Neste reservatório foram coletados peixes em 05 pontos denominados: BAR, CAV, IAT, JUS e POS.

### **Salto Osório**

O reservatório de Salto Osório é o único entre os demais reservatórios do rio Iguaçu que já se encontra estabilizado (Baumgartner et al. 2006). Constituído a partir do barramento do rio Iguaçu, entre os municípios de Quedas do Iguaçu e São Jorge do Oeste, teve seu enchimento iniciado em maio de 1975 e começou a operar em setembro do mesmo ano. Possui uma área inundada de 55 km<sup>2</sup>, profundidade média de 25,5 m e máxima de 40 m; o volume de água é de 1,2x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> e o tempo de residência é de 16 dias (Tractebel Energia e ECSA 2002<sup>a</sup>; Funiversitária/GerpeleTractebel Energia, 2004). Neste reservatório foram coletados peixes em 04 pontos, denominados: ALT, ASS, BAR e JUS.

### **Amostragem de peixes**

Os peixes foram coletados em julho e em setembro de 2012, pelas equipes de campo do Grupo de Pesquisas em Recursos Pesqueiros e Limnologia- GERPEL, do Campus de Toledo, da Universidade Estadual do Oeste Paranaense (UNIOESTE), conforme detalhadamente descrito em FUNIVERSITÁRIA/GERPEL/TRACTEBEL ENERGIA (2004).

Os indivíduos foram identificados taxonomicamente, medidos e pesados. A espécie *Oligosarcus longirostris* (Saicanga) foi escolhida como biomonitor em função de seu hábito alimentar piscívoro e ampla distribuição em ambos os reservatórios estudados. Cento e trinta e um (131) espécimes de peixes foram amostrados. Amostras de tecido dorso-muscular dos peixes foram removidas e colocadas em frascos “Eppendorf”, congeladas e enviadas para o Laboratório de Especificação de Mercúrio Ambiental, do CETEM, para determinação de mercúrio total e metilmercúrio.

### **Determinação de Mercúrio Total**

A determinação do teor de mercúrio total (HgT) em tecido muscular de peixes foi realizada pela técnica de Espectrofotometria de Absorção Atômica. Utilizou-se o equipamento LUMEX (RA 915+) acoplado a uma câmara de pirólise. O princípio de funcionamento do equipamento é o da destruição térmica da amostra seguida da quantificação de vapor de Hg. O limite de detecção desse método é de 5,0 ng/g e erro aceito de 10% entre as duplicatas. Amostra de referência certificada IAEA 407 de tecido muscular de peixes com teor certificado de mercúrio de 0,22±0.13 µg.g-1 também foi analisada, resultando em 0,219±0.008 µg.g-1 (n=8), com acuracidade resultante de 99%.

Os teores de HgT foram determinados para os 131 indivíduos coletados.

### **Determinação de Metilmercúrio**

O procedimento analítico para determinação de MeHg envolve a digestão da amostra com solução alcoólica de hidróxido de potássio (KOH- EtOH 1N), seguida de extração com ditizona 0.01% em tolueno (ou 0.05% em benzeno) com a formação do complexo de ditizonato de mercúrio em solução ácida (HCl 1N). Após, é realizada a extração com sulfeto de sódio alcalino (NaOH 0.1N) e re-extração com ditizona em meio ácido (HCl 1N). O metilmercúrio é determinado por cromatografia gás-líquido com detecção de captura de elétrons (GLC-ECD) utilizando o equipamento YANACO G-6800. A coluna cromatográfica utilizada é de vidro e empacotada com KOCl-Hg 10% em Chromosorb W (AW-DMCS 60-80#, J-Science Co., Kyoto, Japan). O limite de detecção para o método é de 2ng/g.

A determinação de MeHg foi realizada em 11 indivíduos, escolhidos aleatoriamente dos dois reservatórios.

#### 4. Resultados e discussão

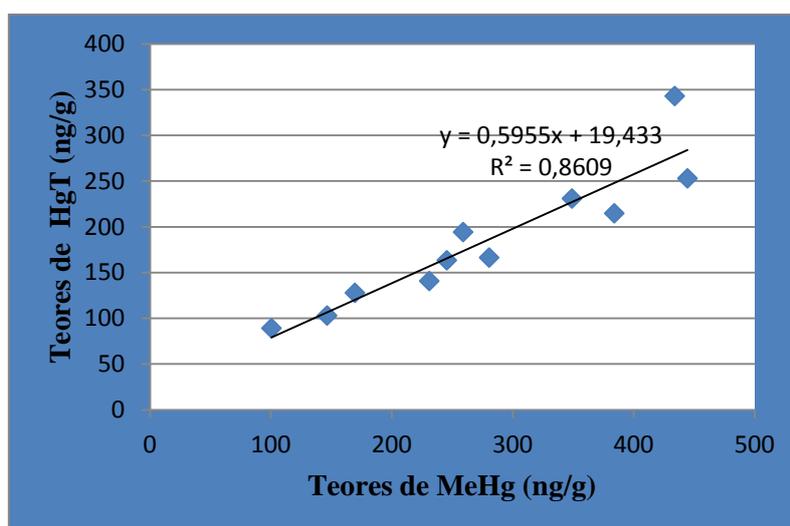
Análises estatísticas realizadas em 2013 (Sette) utilizando o programa Toxstat 3.5 demonstraram que não há diferença significativa com relação ao tamanho dos peixes de ambos reservatórios (Teste *t*-Student). Os teores de HgT nos peixes coletados no reservatório de Salto Osório e de Salto Santiago também não diferem significativamente (Teste *t*-Student) e estão abaixo de 500 µg/g, considerado o limite máximo permitido de teor de mercúrio em pescado para a comercialização, segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 1990).

No presente trabalho, a análise estatística (ANOVA) demonstrou que não há diferença significativa entre os valores de mercúrio total nos pontos dos dois reservatórios, admitindo-se um valor- *p*>0,05. Para os 05 pontos de coleta do Reservatório Salto Santiago encontrou-se valor-*p* de 0,29, e para os 04 pontos do Reservatório Salto Osório o valor- *p* foi de 0,33.

A Tabela 1 apresenta os valores de metilmercúrio e mercúrio total para os 11 peixes analisados. A análise de regressão linear foi realizada e demonstrou uma alta correlação entre os dois valores, com R<sup>2</sup> igual a 0,8609, como mostra o Figura 1.

**Tabela 1:** Teores de mercúrio total e metilmercúrio e percentual de metilmercúrio.

HgT (ng/g)	MeHg (ng/g)	% MeHg/HgT
259	194,27	75
100,5	89,18	89
444,5	252,96	57
231	140,75	61
280,5	166,37	59
245,5	163,41	67
434	342,9	79
169,5	127,8	75
146,5	103,0	70
384	214,8	56
349	230,9	66



**Figura 1:** Regressão Linear entre teores de HgT e MeHg

## 5. Conclusões

Com base nos dados estatísticos obtidos pode-se concluir que não há diferença significativa dos teores de HgT entre os pontos de amostragem dos dois reservatórios, indicando uma condição de uniformidade, ainda que o Reservatório de Salto Osório possua 5 anos a mais de operação do que o Reservatório de Salto Santiago.

A relação entre os teores de HgT e MeHg demonstram uma tendência prevista pela literatura, com uma relação direta entre estes valores, considerando o fator de biocumulação de mercúrio nos pescados.

Adicionalmente, os teores de mercúrio nos peixes estão abaixo de 500 µg/g, considerado o limite máximo permitido de teor de mercúrio em pescado para a comercialização. Este teor é recomendado pela Organização Mundial da Saúde e foi estimado com base em uma taxa de ingestão de peixes em torno de 6g/dia e na dose máxima de mercúrio a partir da qual são observados efeitos tóxicos nos seres humanos. Na Legislação Brasileira, são aceitos teores de 1000 µg/g para peixes carnívoros.

## 6. Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa concedida, à minha orientadora Zuleica Carmen Castilhos pela oportunidade oferecida e pelos ensinamentos, à minha coorientadora Patrícia Araújo e à Lillian Domingos, pelas orientações recebidas no LEMA.

## 7. Referências Bibliográficas

**BRASIL. Ministério da Saúde.** Decreto 55. 871 de 26/03/1965. *Legislação federal do setor de Saúde*. 3V. Brasília, 2ª ed. 1977.

**Castilhos, ZC & Rodrigues, AP.** 2009 *Avaliação da Potencial Acumulação de Mercúrio em Peixes dos Reservatórios (previstos) de Jirau e de Santo Antônio, Rio Madeira, RO*. CETEM, RJ, 106p.

**Castilhos et al., 2010** *Ciclo Biogeoquímico do Mercúrio e do Metilmercúrio em Reservatórios de Hidrelétricas em Ambientes Tropicais e seus Riscos Associados à Saúde Humana*- Projeto CNPq 477552

**FUNIVERSITÁRIA/GERPEL/TRACTEBEL ENERGIA, 2004.** *Estudos ictiológicos e monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios de Salto Santiago e Salto Osório, rio Iguaçu, Paraná*. Relatório técnico. 2004.

**Sette, BCSJ** Teores de Mercúrio em Peixes de Reservatórios de Hidrelétricas. Jornada de Iniciação Científica, 2013 – Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, 2013.

**Verdon, R. Brouard, D., Demers, C., Lalumiere, R., Laperie, M., Schetagne, R.** (1991) *Mercury evolution (1978-1988) in fishes of the La Grande Hydroelectric complex. Quebec, Canada*. *Water, Air and Soil Pollution*, 56:405-417

**WHO, 1990.** Environmental Health Criteria (EHC 101). *Methylmercury*. Geneva, 143 p., 1990