



XIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE

PIRAMBEBA (*SERRASALMUS BRANDTII*): UM NOTÁVEL BIOINDICADOR DE MERCÚRIO NAS ÁGUAS DO BAIXO SÃO FRANCISCO, BRASIL

*Érica Alves de Oliveira Santos*¹; *Paulo Tarcio Silva do Nascimento*²; *Joel Marques da Silva*³;
*Raynne Aparecida de Sousa Pires*⁴; *Carlos Alexandre Borges Garcia*⁵; *Marcos Vinicius Teles Gome*⁶ & *Silvânio Silvério Lopes da Costa*⁷

RESUMO: *Os despejos irregulares de efluentes domésticos, industriais e agrícolas, nos corpos hídricos podem causar altas concentrações de elementos traço. A presença de Hg em ambientes aquáticos tem sido motivo de preocupação por parte da comunidade científica e órgãos ligados à saúde pública, devido à sua persistência e toxicidade aos peixes e conseqüentemente aos humanos. O presente estudo teve como objetivo a avaliação dos níveis de mercúrio em tecido muscular de *Serrasalmus brandtii*, espécie carnívora, capturada na região do Baixo São Francisco, entre os municípios de Propriá/SE e Porto Real do Colégio/AL, durante o período seco, comparando os resultados encontrados com os limites máximos de tolerância de contaminantes químicos em alimentos definidos pela Resolução nº 42 de 2013 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Para a captura dos espécimes foi utilizado um conjunto de redes de emalhar, com malhas de 3 a 16 cm entre nós opostos. As leituras de Hg foram realizadas por espectrometria de absorção atômica (DMA-80, Direct Mercury Analyser, Milestone), com análise direta de mercúrio total. A concentração média de mercúrio encontrada em 98 espécimes de pirambeba foi de $0,0442 \pm 0,0452$ mg kg⁻¹. Houve uma forte correlação positiva e altamente significativa entre as concentrações de mercúrio no músculo e o comprimento total ($r=0,7064$ e $p<0,0001$), mostrando que os níveis do metal aumentaram com o tamanho dos espécimes.*

Palavras-Chave – Metal traço, Peixe, Limite Máximo de Tolerância

- 1) Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elzer, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-6378, ericaevellyn_alves@hotmail.com;
- 2) Graduando no Curso de Química Industrial, Universidade Federal de Sergipe- UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elzer, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-6378, paulotata@gmail.com;
- 3) Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elzer, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-6378, marquesengpetro@gmail.com;
- 4) Graduanda no Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Sergipe- UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elzer, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-6378, raynneray@gmail.com;
- 5) Pesquisador no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe -UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elzer, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-6378, carlosabgarcia@gmail.com;
- 6) Pesquisador no Centro de Referência em Aquicultura e Recursos Pesqueiros de Itiúba, 5ª SR – CODEVASF, Perímetro irrigado do Itiúba, s/n, Porto Real do Colégio, AL, CEP: 7290-000, (82) 3551-2159, marcos.teles@codevasf.gov.br;
- 7) Pesquisador no Programa de Pós- Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elzer, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-6378, silvanioslc@gmail.com.



INTRODUÇÃO

Os corpos hídricos são contaminados diariamente com o lançamento de contaminantes orgânicos e inorgânicos. De acordo com Silva *et al.* (2021) os ecossistemas aquáticos são muitas vezes suscetíveis à poluição de múltiplas fontes, como efluentes industriais e domésticos, processos de drenagem agrícola, despejo acidental e não acidental de produtos químicos. Os autores Gomes e Sato (2011) relatam que ao longo dos anos os impactos antrópicos gerados pelos despejos irregulares de efluentes domésticos, industriais e agrícolas podem causar altas concentrações de elementos traço em peixes. Segundo Silva *et al.* (2019) os altos níveis de elementos químicos no ambiente afetam significativamente o ciclo biogeoquímico dos corpos hídricos e a qualidade da água, e são considerados fontes pontuais de contaminação nos ecossistemas aquáticos, devido à não degradação dos elementos traço e seu poder acumulativo nos organismos vivos, principalmente nos peixes.

Conforme trabalho de Gomes e Sato (2011) os elementos traço presentes na água são absorvidos pelos peixes através das vias respiratórias, dérmicas ou digestivas e se acumulam em vários tecidos, principalmente o muscular, que é um potencial local para a absorção de elementos traço. Segundo Gomes *et al.* (2021) o consumo do pescado tem aumentado ao longo dos anos, devido ao alto valor nutricional onde a carne do peixe tem sido apontada como uma valiosa fonte de proteína rica em aminoácidos essenciais, vitaminas, ácidos graxos e ômega 3 acidificados. Para Silva *et al.* (2021) o consumo de peixe beneficia o crescimento e desenvolvimento neurológico, reduz o risco de doença cardíaca, promove a saúde vascular e as respostas imunes em humanos. No entanto, para Lima *et al.* (2015) apesar de todos os benefícios associados ao consumo de peixe, este mesmo consumo pode acarretar riscos para o ser humano, principalmente se o organismo estiver contaminado.

Para Núñez *et al.* (2018) os organismos aquáticos podem atingir concentrações tóxicas através da biomagnificação trófica. Os autores Gomes e Sato (2011) apontam que a bioacumulação de elementos traço em peixes é evidente mesmo em baixas concentrações na água. Para Lima *et al.* (2015) isso possibilita atingir os humanos por meio da alimentação causando efeitos perigosos como lesões no sistema neurológico, imunológico, deformações no corpo e má formação do feto. Gomes e Sato (2011) afirmam que os peixes podem ser usados como biomonitores de elementos traço, indicando seu nível de contaminação e biodisponibilidade em sua área de vida, mesmo com alguma mobilidade relativa. Devido à sua capacidade de bioconcentrar metais traço e compostos orgânicos, organismos aquáticos têm sido usados nos últimos anos para monitorar a poluição em ambientes costeiros.

Este estudo visou à determinação dos níveis de mercúrio em amostras de músculo de peixes da espécie *Serrasalmus brandtii*, capturados no Baixo São Francisco, comparando os resultados das concentrações médias (mínimas e máximas) de mercúrio no músculo dos espécimes com os limites máximos de tolerância de contaminantes químicos em alimentos, estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. A fim de avaliar possíveis riscos à saúde humana o presente estudo realizou o cálculo do Coeficiente de Perigo Alvo (Target Hazard Quotient- TQH). A espécie *Serrasalmus brandtii*, também conhecida como pirambeba, foi escolhida por se tratar de uma espécie endêmica e de ampla distribuição na bacia do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

A região do Baixo São Francisco está localizada à jusante da usina hidrelétrica do Xingó até a foz no Oceano Atlântico. Com expansão territorial de 32.013 km² de área, correspondendo a cerca de 5,1% da bacia hidrográfica do rio São Francisco, abrangendo os estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe (ANA, 2022). Além da contaminação da água provocada por efluentes domésticos



e industriais, essa região arca com as consequências das variações do nível do rio, provocadas pelas barragens. Em decorrência dos efeitos sobre o meio aquático, algumas atividades econômicas como navegação, rizicultura e a pesca demonstram prejuízos e dificuldades (CBHSF, 2015). O local de coleta no rio São Francisco foi georreferenciado com GPS Garmin, GPSmap 76 (Brasil), indicada na Figura 1.

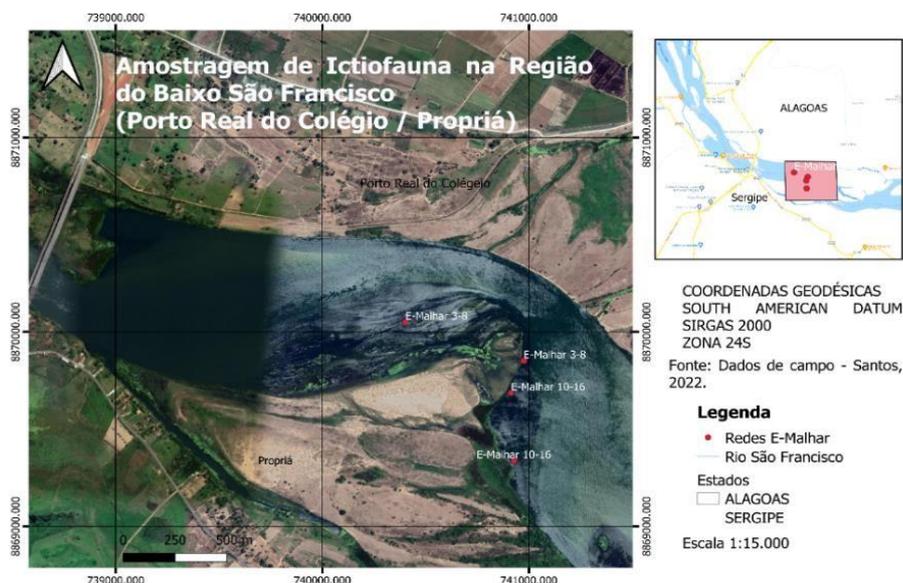


Figura 1 - Mapa com a localização do ponto de coleta das amostras da ictiofauna no Baixo São Francisco.

Os espécimes foram capturados em dezembro de 2021, sendo necessária a licença junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, uma vez que a coleta se encontrava no período da piracema. As coletas foram realizadas em uma área entre os municípios de Propriá/SE e Porto Real do Colégio/AL, utilizando um conjunto de redes de emalhar com malhas de 3 a 16 cm entre nós opostos. Os indivíduos capturados foram transportados sob refrigeração em caixas térmicas até a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), localizada no Município de Porto Real do Colégio/ AL. Na base os espécimes foram submetidos a biometria. Posteriormente, com o auxílio de lâminas de bisturi, foram removidas cerca de 1,5 a 2,0 g do tecido muscular próximo à nadadeira dorsal. As amostras foram então acondicionadas em microtubos e armazenadas em freezer até serem analisadas.

O método de análise empregado para determinação da concentração de mercúrio total nas amostras de músculo de peixe baseou-se na decomposição térmica, amalgamação e detecção por espectrometria de absorção atômica, alcançando um limite de detecção de 0,005 ng de mercúrio. Utilizando o equipamento DMA-80 (Direct Mercury Analyser, Milestone), com análise direta de mercúrio sem a necessidade de digestão ou pré-tratamento da amostra, de acordo com o método USEPA 7473, recomendado pela United States Environmental Protection Agency- USEPA (2007). Para a validação do método analítico, utilizou-se material de referência certificado da National Research Council Canada (NRC) (DORM-4). Aplicou-se a determinação do grau de correlação entre as variáveis por meio do coeficiente de correlação de Pearson, utilizando o Programa BioEstat 5.0 for Windows.

Para efeito de comparação dos limites máximos de mercúrio nas amostras de músculo de peixe, utilizou-se os limites máximos de tolerância de contaminantes químicos em alimentos, fixados pela Resolução da Diretoria Colegiada - RDC N° - 42, publicada em 29 de agosto de 2013 (ANVISA, 2013). A avaliação dos níveis de metal traço nos peixes é o primeiro passo para avaliar o risco à



população humana. No cálculo do THQ para o mercúrio, associado ao consumo do pescado, foram consideradas as concentrações médias mercúrio no músculo do peixe, que é a parte comestível, proposto pela USEPA (1989), descrito na equação (1):

$$\text{THQ} = \frac{(\text{EF} \times \text{ED} \times \text{FIR} \times \text{C})}{(\text{RFD} \times \text{BW} \times \text{ET})} \times 10^{-3} \quad (1)$$

Onde EF é a frequência de exposição (365 dias ano⁻¹); ED é a duração da exposição (70 anos), equivalente à estimativa de vida humana média; FIR é a taxa de ingestão de alimentos (peixe = 36 pessoa⁻¹ dia⁻¹; C é a concentração de metal no peixe (µg g⁻¹); RFD é a dose oral de referência (Hg = 0,5 x 10⁻³ µg g⁻¹ dia⁻¹; BW é o peso corporal médio de um adulto (70 kg); ET é o tempo de exposição não cancerosa (365 dias ano⁻¹ x ED).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de mercúrio total foram analisados em 98 espécimes pertencentes a espécie *Serrasalmus brandtii* (pirambeba) capturados no Baixo São Francisco (Figura 2). As concentrações foram comparadas com dados biométricos e com os limites máximos de Hg em peixes para consumo humano, estipulados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2013).



Figura 2. Espécie *Serrasalmus brandtii* capturada durante a coleta.

Para certificar o método analítico, as determinações de mercúrio foram feitas em material de referência composto por proteína de peixe (DORM- 4), com teor de Hg conhecido (0,410 ± 0,055 µg g⁻¹) e elaborado pelo National Research Council Canada (NRC), onde a recuperação dos teores de mercúrio total foi de 97,7%. Os resultados obtidos revelam que a espécie *Serrasalmus brandtii* apresentou concentração média de mercúrio no músculo de 0,0442 ± 0,0452 mg kg⁻¹. Em todas os espécimes estudados (Figura 3), as concentrações médias ficaram abaixo do limite máximo estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (2013).

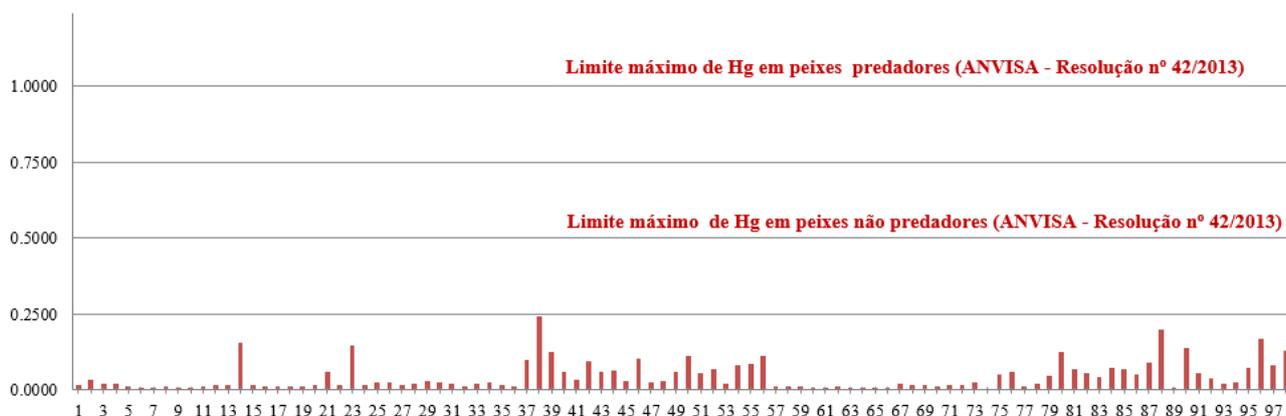


Figura 3. Concentrações médias (mínimas e máximas) de mercúrio no músculo dos espécimes de *Serrasalmus brandtii*, em relação aos limites estabelecidos por lei no Brasil.

Lima *et al.* (2015) estudaram as concentrações de elementos traço em tecido muscular de 55 espécies de peixes com diferentes níveis tróficos da bacia do rio Cassiporé, Amapá. Através deste



estudo identificaram altas concentrações de mercúrio ($0,548 \mu\text{g g}^{-1}$) em *Serrasalmus rhombeus* (Piranha preta). Gomes *et al.* (2021) avaliaram as concentrações de mercúrio em peixes na região do alto São Francisco e os resultados obtidos mostraram que as espécies com hábito alimentar carnívoro apresentaram maiores concentrações médias de mercúrio no músculo, principalmente *Serrasalmus brandtii* ($0,4147 \pm 0,2744 \mu\text{g g}^{-1}$), apresentando concentrações médias abaixo do limite estabelecido por lei. Os resultados obtidos neste trabalho indicaram uma forte correlação positiva e altamente significativa entre o comprimento total e o peso corporal ($r=0,8884$ e $p<0,0001$), forte entre as concentrações musculares e o comprimento total ($r=0,7064$ e $p<0,0001$) e moderada entre as concentrações musculares e o peso corporal ($r=0,6647$ e $p<0,0001$), mostrando que os níveis de mercúrio aumentaram com o aumento dos dados biométricos. Soares *et al.* (2016) estudaram a bioacumulação de mercúrio total e hábitos alimentares de peixes da bacia do Rio Negro, Amazônia, e observou correlação linear positiva entre as concentrações de Hg e os dados biométricos para *Serrasalmus rhombeus*.

Os resultados obtidos neste estudo revelaram que os valores de mercúrio THQ nas espécimes de *Serrasalmus brandtii* variou entre 0,0062 a 0,2490, indicando que não há risco à saúde humana (Figura 4).

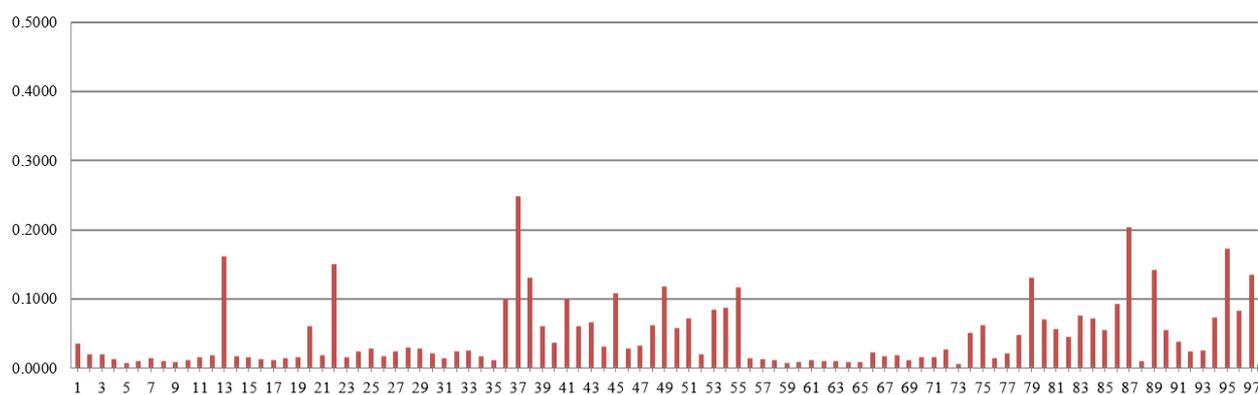


Figura 4. Apresenta o THQ valores para a avaliação dos riscos potenciais de exposição ao mercúrio, das espécimes no estudo.

Silva *et al.* (2019) utilizaram o Target Quociente de risco (THQ) para avaliar os riscos de consumo de peixes associados ao mercúrio e os resultados obtidos mostraram que os valores de THQ para mercúrio variou de 0,00 a 1,28, e os maiores valores foram observado em *C. undecimalis* (1,28) e *Seriola spp.* (1,13), indicando risco potencial à saúde humana.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que os valores médios apresentados não extrapolaram os limites determinados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (2013), sendo assim, o consumo de peixes por humanos não está comprometido. Com base no cálculo de THQ, os espécimes avaliados não apresentaram risco ao consumidor. Ressalta-se, porém, que o conhecimento sobre o risco potencial de consumo de peixes, que possam apresentar níveis de mercúrio acima dos limites máximos de tolerância é de grande importância para os órgãos de vigilância sanitária, para que possam desenvolver recomendações de níveis seguros de consumo.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa e a Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe- FAPITEC, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, à Coordenação de



Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES e ao Centro de Referência em Aquicultura e Recursos Pesqueiros de Itiúba - 5ª SR/CODEVASF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. (2022). “Água Superficial”. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/aguasuperficial>. Acesso em: Janeiro de 2022.

ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária .(2013). “Resolução nº 42, de 29 de agosto de 2013”. Adaptação sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. República Federativa do Brasil, Diário Oficial da União, Brasília, DF, seção 1, n. 168, 33 p.

CBHS. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. (2015) “Câmara Consultiva Regional” CCR Baixo São Francisco.

GOMES, M. V. T.; GARCIA, C. A. B.; SATO, Y.; MENDES, E. A.; MIRANDA, M. O.; COSTA, S. S. L. (2021). “Determination and evaluation of mercury concentration in fish in the São Francisco River Watershed, Brazil”. Revista Ambiente & Água, v. 16, n. 1, 14 p.

GOMES, M. V. T.; SATO, Y. (2011). “Avaliação da contaminação por metais pesados em peixes do Rio São Francisco à jusante da represa Três Marias, Minas Gerais, Brasil”. Saúde e Ambiente em Revista, v. 6, n. 1.

LIMA, D. P.; SANTOS, C.; SILVA, R. de S.; YOSHIOKA, E. T. O.; BEZERRA, R. M. (2015). “Contaminação por metais pesados em peixes e água da Bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil”. Acta Amazonica, v. 45, pp. 405- 411.

NÚÑEZ, R.; GARCÍA, M. A.; ALONSO, J.; MELGAR, M. J. (2018). “Arsenic, cadmium and lead in fresh and processed tuna marketed un Galicia (NW Spain): Risk assessment of dietary exposure”. Sci. Total Environ, v. 627, pp. 322- 331.

SILVA, C. A.; GARCIA, C. A. B.; SANTANA, H. L. P.; PONTES, G. C.; WASSERMAN, J. C.; COSTA, S. S. L. (2021). “Metal and metalloid concentrations in marine fish marketed in Salvador, BA, northeastern Brazil, and associated human health risks”. Regional studies in marine science, v. 43, 11 p.

SILVA, C.A.; SANTOS, S.O.; GARCIA, C.A.B.; PONTES, G.C.; WASSERMAN, J.C. (2019). “Metals and arsenic in marine fish commercialized in the NE Brazil: Risk to human health”. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, v. 26, pp. 695- 712.

SOARES, J. L.F.; GOCH, Y. G. F.; PELEJA, J. R. P.; FORSBERG, B. R.; LEMOS, E. J. S.; SOUSA, O. P. (2016). “Bioacumulação de Mercúrio Total (Hg_T) e hábitos alimentares de peixes da bacia do Rio Negro, Amazônia, Brasil”. Biota Amazônia, v. 6, n. 1, pp. 102-106.

USEPA- United States Environmental Protection Agency. (1989). “Assessing human health risks from chemically contaminated, fish and shellfish: A guidance manual”. In: Agency USEP (ed), EPA Office of Marine and Estuarine Protection, Washington, 174 p.

USEPA- United States Environmental Protection Agency. (2007). “Method 7473 (SW-846), Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry”. Washington, 17 p.