

NÍVEIS DE MERCÚRIO TOTAL EM PEIXES DE ÁGUA DOCE DE PISCICULTURAS PAULISTAS¹

Marcelo A. MORGANO^{2,3}; Priscila C. GOMES², Dilza M. B. MANTOVANI²;

Adriana A. M. PERRONE²; Talita F. SANTOS²

RESUMO

Avaliou-se os níveis de mercúrio total em amostras de peixes de água doce, procedentes de pesqueiros e pisciculturas de 39 regiões do estado de São Paulo. As espécies de peixes estudadas foram: pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tilápia (*Oreochromis niloticus*), piaçu (*Leoporinum* sp), matrinxã (*Brycon cephalus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e carpa (*Cyprinus carpis*). Foram avaliadas três metodologias de digestão de amostras para a determinação de mercúrio total, variando-se o volume de mistura sulfonítrica utilizada e a concentração do permanganato de potássio, sendo que o uso de 10mL de mistura sulfonítrica e solução de permanganato de potássio a 7% (m/v) na digestão da amostra foi a que forneceu as recuperações mais altas (96%), precisão de 1% e limite de quantificação de 0,3µg/kg. Após a validação do método, foram realizadas as determinações de teor de mercúrio total em 293 amostras de pescado, usando a técnica de espectrometria de emissão com fonte de plasma acoplado em gerador de hidretos. Os níveis médios de mercúrio encontrados variaram entre: tambaqui (0,0003-0,012mg/kg), carpa (0,063mg/kg), matrinxã (0,0003-0,074mg/kg), pacu (0,0003-0,078mg/kg), piaçu (0,0003-0,183mg/kg) e tilápia (0,0003-0,217mg/kg). Os resultados mostraram que nenhuma das amostras procedentes das diferentes regiões e diferentes pesque-pagues, apresentaram níveis de mercúrio total acima do permitido pela legislação brasileira, que é de 0,5mg/kg para pescado não-predador.

Palavras-chave: peixe; mercúrio; determinação; espectrometria de emissão; gerador de hidreto.

SUMMARY

MERCURY LEVELS IN FRESHWATER FISHES FROM PISCICULTURES ESTABLISHED IN SÃO PAULO STATE. In this work, the levels of mercury were evaluated in samples of freshwater fish, coming from fishing-grounds and piscicultures of 39 regions of São Paulo State. The species of fish studied were: pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tilápia (*Oreochromis niloticus*), piaçu (*Leoporinum* sp), matrinxã (*Brycon cephalus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) and carpa (*Cyprinus carpis*). Three digestion methodologies of sample were evaluated for the mercury determination, with variation of the volume of sulphonic mixture utilized and the potassium permanganate concentration. After the validation method the determinations of mercury level were recorded in 293 samples of fish, using the technique of emission spectrometry with plasma coupled to an hydrides generator. The medium levels of mercury found were the following: tambaqui (0,0003-0,012mg/kg), carpa (0,063mg/kg), matrinxã (0,0003-0,074mg/kg), pacu (0,0003-0,078mg/kg), piaçu (0,0003-0,183mg/kg) and tilápia (0,0003-0,217mg/kg), and this last one presented the higher contamination rate. The results showed that none of the samples obtained from the different regions and fish-and-pay establishments presented mercury levels above the permitted limits of Brazilian legislation; 0,5mg/kg for non carnivorous fish.

Keywords: fish; mercury; determination; emission spectrometry; hydride generator.

1 - INTRODUÇÃO

A produção de pescado vem crescendo nos últimos anos, juntamente com o desenvolvimento da criação de organismos aquáticos. No estado de São Paulo, há um grande número de produtores motivados a investir nesse setor, devido à grande disponibilidade de recursos produtivos e ao grande mercado promissor. O crescimento rápido pode levar ao descontrole, o que gera preocupação do ponto de vista técnico. A falta de uma orientação médico-veterinária adequada leva ao uso incorreto de produtos químicos na cura de enfermidades de peixes. A criação de peixes em áreas próximas às de cultivo agrícola, onde há uso exagerado e incorreto de agrotóxicos, principalmente os organomercuriais, poderá ser contaminada [12]. Substâncias químicas presentes nesses produtos

são geralmente metais pesados, como por exemplo o mercúrio, e podem bioacumular-se ao longo da cadeia alimentar. Os metais pesados, quando em excesso, são tóxicos e podem causar danos ao organismo humano, principalmente alterações no sistema nervoso central. Contudo, há necessidade de maiores investigações por parte dos órgãos de pesquisa e, também, avaliação da real necessidade do uso desses produtos.

O peixe tem sido apontado como a principal via de intoxicação do ser humano por mercúrio. A forma química mais tóxica do mercúrio tem sido identificada como a do metilmercúrio [9]. O mercúrio é transformado em metilmercúrio por ação de bactérias; o peixe absorve o metilmercúrio da água e, também, pela ingestão de organismos aquáticos [13]. Mesmo em regiões com níveis normais de mercúrio na água, podem ser observados níveis altos de mercúrio em peixes, pois ao ser incorporado na cadeia trófica, o mercúrio é biomagnificado e bioacumulado, devido a sua longa meia-vida nos organismos (640 a 1200 dias) [11]. No homem, a absorção intestinal do metilmercúrio é maior que 95% e sua meia-vida biológica para eliminação é em torno de 70 dias. Quando é absorvido, acumula-se nos rins, no fígado e no sistema nervoso cen-

¹ Recebido para publicação em 25/04/2003. Aceito para publicação em 19/04/2005 (001119).

² Centro de Química e Nutrição Aplicada, Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). End.: Av. Brasil, 2880. CEP: 13073-001, Campinas, SP. End. Eletr.: <http://www.ital.org.br>

³ A quem a correspondência deve ser enviada.

tral (SNC), atuando como inibidor enzimático, inativando proteínas pelo bloqueio de radicais SH [14].

As manifestações clínicas da intoxicação por mercúrio podem ser agudas ou crônicas. A aguda, devido à ingestão de alimentos contaminados por metilmercúrio, produz um quadro que varia de leve a letal, com vômitos freqüentes, tremores, ataxia, parestesia, paralisia, afonia, cegueira, coma e morte. A intoxicação crônica afeta principalmente o SNC, causando parestesia, ataxia, dificuldade de articular palavras, sensação generalizada de fraqueza, fadiga e incapacidade de concentração, perda de visão e audição, coma e morte [14]. Os efeitos clínicos não são imediatos. No caso de exposição ambiental, o período latente pode chegar a 10 anos e será inversamente proporcional ao nível de exposição. O metilmercúrio tem efeito feto-tóxico, com alterações irreversíveis para o feto, mesmo sem o aparecimento de sintomas na mãe. Os sintomas observados em neonatais e crianças, devido à exposição pré-natal, são a paralisia cerebral, distúrbios mentais, retardamento do desenvolvimento de várias funções psicomotoras, convulsões, cegueira e má-formação dos ouvidos [1].

O risco de intoxicação pela ingestão de peixe contaminado depende de alguns fatores, sendo que o teor de mercúrio, a quantidade ingerida e a freqüência de ingestão são determinantes para a acumulação de metilmercúrio no organismo humano [1]. Visando assegurar a Saúde Pública, foram estabelecidos limites de tolerância de mercúrio em alimentos. Para pescados, o Brasil fixou a tolerância em 0,5mg/kg, para pescado não-predador, e 1,0mg/kg para pescado predador [2].

O uso de espectrometria de emissão com fonte de plasma (ICP OES) acoplado a gerador de hidretos na análise de mercúrio, tem sido bastante difundido, por se tratar de uma técnica inovadora e que apresenta alta sensibilidade para o metal e boa reprodutibilidade dos resultados [7]. A técnica é muito bem sucedida em função da capacidade de análises multielementares e de elementos traços em diversos tipos de amostra [8].

O objetivo do trabalho foi validar uma metodologia de digestão de amostra para a determinação de mercúrio total em peixes usando a técnica de espectrometria de emissão com fonte de plasma, acoplado em gerador de hidretos, e verificar a possível contaminação por mercúrio total em diferentes espécies e amostras de peixes, procedentes de pesque-pagues e pisciculturas do estado de São Paulo.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Material

Para a quantificação do mercúrio em peixes, foram coletadas amostras de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tilápia (*Oreochromis niloticus*), piaçu (*Leoprinum* sp), matrinxã (*Brycon cephalus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e carpa (*Cyprinus carpio*) em pesqueiros de diferentes regiões do estado de São Paulo, totalizando 39 re-

giões, no período de setembro/2001 a maio/2002, num total de 293 amostras. Para cada pesqueiro foram analisadas de duas a quatro espécies diferentes de peixe (Tabela 3) dependendo da disponibilidade das espécies na época de coleta das amostras.

De cada amostra separou-se o filé das espinhas, escamas e vísceras. Posteriormente, o filé foi homogeneizado e armazenado a 18°C até o momento da análise.

2.2 - Métodos

2.2.1 - Digestão da amostra

O método de digestão usado foi adaptado do método proposto por YALLOUZ & CAMPOS [15]. Nos testes realizados, variou-se o volume de mistura sulfonítrica (HNO₃:H₂SO₄ 1:1) com 0,1% de pentóxido de vanádio (V₂O₅) e a concentração de permanganato de potássio (KMNO₄). Para a digestão, foram pesados 0,5g de amostra diretamente no tubo de digestão e, em seguida, foram adicionados 10mL de mistura sulfonítrica (HNO₃:H₂SO₄ 1:1) com 0,1% (m/v) V₂O₅ e deixado em repouso por aproximadamente 12 horas. Após o repouso, a mistura foi submetida a aquecimento em banho-maria a 90°C durante 3 horas. Em seguida foi adicionado 5mL de KMNO₄ 7% (m/v) e submeteu-se a mistura a aquecimento em banho-maria a 90°C durante 3 horas. O excesso de oxidante foi reduzido com 900µL de solução de cloridrato de hidroxilamina 20% (m/v). O conteúdo do tubo foi transferido para balão volumétrico de 50mL, completando o volume com água bidestilada.

2.2.2 - Determinação do mercúrio

Para determinar o mercúrio total presente nas amostras estudadas, utilizou-se a técnica da Espectrometria de Emissão Óptica com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES), com uso do espectrômetro simultâneo VARIAN modelo VISTA-MPX (Mulgrave, Austrália) e gerador de hidretos VARIAN-VGA77 (Mulgrave, Austrália). As condições de operação do aparelho foram: potência-1000Watts, fluxo do gás Argônio-15L/min, fluxo do gás auxiliar-1,5L/min, tempo de replicata-10s, tempo de estabilização-15s, tempo de limpeza-10s e comprimento de onda para leitura do mercúrio-253,652nm.

2.2.3 - Validação do método

Uma amostra de filé de peixe homogeneizado foi usada como matriz para a validação do método [4, 5] de determinação de mercúrio total. A exatidão foi verificada pela avaliação da recuperação de mercúrio adicionado à amostra (Tabela 2). A curva de calibração na faixa de 0,5 a 50µg/L foi linear em toda faixa de concentração (r = 0,9999).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos testes realizados para a validação do método, onde foram variados o volume de mistura sulfonítrica e a concentração da solução de permanganato de potássio, o

que apresentou recuperação mais alta (96%) foi o teste 03, onde se usou 10mL de mistura sulfonítrica e concentração de permanganato de potássio igual a 7% (Tabela 1). Estes testes indicaram que é crítica a escolha das condições ácido/oxidante durante a digestão da amostra e que amostras parcialmente digeridas podem fornecer resultados inferiores ao valor real da amostra.

TABELA 1 - Resultados obtidos nos testes para a escolha das condições do sistema ácido/oxidante para digestão da amostra

Teste	Volume de mistura sulfonítrica (mL)	Concentração de KMNO ₄ % (m/v)	% de recuperação
01	10	5	78
02	15	10	43
03	10	7	96

A precisão do método definida pelo coeficiente de variação observado foi de 1,0%. O limite de detecção encontrado foi de 0,1µg/kg (3 vezes o desvio padrão de 10 repetições de branco) e o limite de quantificação de 0,3µg/kg (10 vezes o desvio padrão de 10 repetições de branco). Os parâmetros ensaiados indicaram adequação do método empregado.

TABELA 2 - Resultados obtidos na avaliação da metodologia, usando teste de recuperação em amostra de peixe, com adição de solução padrão do mercúrio em três níveis diferentes de concentração

Quantidade adicionada (mg/kg)	Resultado obtido* (mg/kg)	Valor esperado (mg/kg)	Porcentagem de recuperação* (%)
0,020	0,019 ± 0,001	0,020	94 ± 3
0,030	0,029 ± 0,001	0,030	96 ± 2
0,040	0,039 ± 0,001	0,040	98 ± 1

* média de três repetições analíticas ± estimativa de desvio padrão.

As espécies analisadas eram de pescado não-predador, e apresentaram concentrações de mercúrio total (Tabela 3) abaixo dos limites estabelecidos pela legislação brasileira vigente (Portaria nº 685/98), de 0,5mg/kg para pescado não-predador [2], correspondendo à metade do valor permitido. Resultados encontrados acima do limite permitido pela legislação brasileira vigente, poderiam indicar contaminação dos pescueiros do estado de São Paulo. Não foi confirmada a expectativa de contaminação por mercúrio total nas espécies analisadas.

Verificou-se que o tambaqui apresentou menor nível de contaminação por mercúrio (0,0003 - 0,012mg/kg) do que a carpa (0,063mg/kg), matrinxã (0,0003 - 0,074mg/kg), pacu (0,0003 - 0,078mg/kg), piauçu (0,0003 - 0,183mg/kg). A tilápia (0,0003 - 0,217mg/kg) apresentou o maior índice de contaminação.

Nas amostras das regiões de Barretos, Catanduva e Registro, o nível de mercúrio total encontra-se abaixo do limite de quantificação, o que não foi observado nas outras regiões, onde as amostras apresentaram níveis acima do limite de quantificação. Na região de Sorocaba, foi encontrada a maior contaminação em relação às outras regiões analisadas, 0,217mg/kg em uma espécie de tilápia.

KITAHARA et al. [9] analisaram amostras de peixes de diferentes locais de captura e de diferentes procedências comerciais do país inteiro. Dentre as espécies analisadas, apenas a tilápia e o matrinxã coincidiram com as espécies analisadas no presente trabalho. Esse autores encontraram 0,01 - 0,02mg/kg para tilápia e 0,04 - 0,26mg/kg para matrinxã. FUMOTO & OLIVEIRA [6] analisaram peixes de diferentes espécies marinhos e de água doce comercializados em São Paulo - SP e encontrando níveis de mercúrio variando de 0,02 - 0,06mg/kg para tilápia. DAMATO, SÃO CLEMENTE & SANTOS [3] analisaram mexilhões procedentes da Baixada Fluminense e encontraram níveis médios de mercúrio que variaram de 0,03 a 0,06mg/kg. No trabalho de PEREIRA et al. [10], foi

TABELA 3 - Teor de mercúrio encontrado nas amostras de peixes coletadas em diferentes regiões do estado de São Paulo e em diferentes pesque-pagues

Região	Espécie	Hg (mg/kg)			
		Pesque-pague I	Pesque-pague II	Pesque-pague III	Pesque-pague IV
Andradina	pacu	0,005	< 0,0003	< 0,0003	
	tilápia	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	
	matrinxã	0,024			
Araçatuba	pacu	0,028	0,033	0,010	0,028
	tilápia	0,034	0,046	0,037	0,032
Araraquara	pacu	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
	tilápia	< 0,0003	0,004		
Assis	pacu	0,032	0,038	0,065	
	tilápia	0,065	0,037	0,062	0,065
	piaçu	0,041	0,053		
	matrinxã	0,074			
Avaré	pacu	0,023	0,012	0,015	0,013
	tilápia	0,038	0,013	0,017	
	piaçu	0,008			
Barretos	pacu	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
	tilápia	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	
	matrinxã	< 0,0003			
Bauru	pacu	0,003	0,078	< 0,0003	0,002
	tilápia	0,013	0,005	< 0,0003	0,004
	piaçu	0,183	0,147	< 0,0003	
Botucatu	pacu	0,026	0,024	0,040	0,028
	tilápia	0,024	0,038	0,037	0,036
	piaçu	0,039			
Bragança Paulista	pacu	0,039	0,029	0,027	0,040
	tilápia	0,039	0,183	0,043	0,046
Campinas	pacu	0,016	0,012	< 0,0003	< 0,0003
	tilápia	0,015	0,007	0,005	0,023
	piaçu	0,014			
	matrinxã	0,006			
Catanduva	pacu	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
	tilápia	< 0,0003	< 0,0003		
	matrinxã	< 0,0003	< 0,0003		
Dracena	pacu	0,010	< 0,0003	0,002	< 0,0003
	tilápia	0,003	< 0,0003		
	piaçu	0,006			
	matrinxã	0,016			
Fernandópolis	pacu	0,033	0,021	0,020	
	tilápia	0,028			
	piaçu	0,041	0,016	0,025	
	matrinxã	0,044			
Franca	pacu	< 0,0003	< 0,0003	0,005	0,005
	tilápia	0,018	0,017		
General Salgado	pacu	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
	tilápia	0,007			
	piaçu	0,002			
Guaratinguetá	pacu	< 0,0003	< 0,0003		
	tilápia	0,010	0,004	0,004	< 0,0003
	piaçu	0,026			
Itapeva	pacu	0,006	< 0,0003		
	tilápia	0,009	0,004	0,006	0,002
Jaboticabal	pacu	< 0,0003	< 0,0003		
	tilápia	0,029	0,017		
	piaçu	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	
	matrinxã	0,011			
Jales	pacu	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
	piaçu	< 0,003			
Jau	pacu	0,002	0,009	0,003	< 0,0003
	tilápia	0,015	0,004	0,011	
	piaçu	< 0,0003	< 0,0003		
Limeira	pacu	0,023	0,007		
	tilápia	0,018	0,018	0,031	
	matrinxã	0,014	0,021	0,018	

(continua)

TABELA 3 - continuação

Lins	pacu	< 0,0003	< 0,0003		
	tilápia	0,008	< 0,0003		
	piaçu	0,010	0,012		
Marília	pacu	0,018	0,022	0,024	0,015
	tilápia	0,017	0,019	0,020	
Mogi das Cruzes	pacu	0,041	0,030	0,024	
	tilápia	0,025	0,022	0,029	0,043
	matrinxã	0,030			
Mogi Mirim	pacu	0,050	0,023		
	tilápia	0,046	0,033		
	matrinxã	0,028	0,050		
Orlândia	pacu	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	
	tilápia	0,005	0,005		
	piaçu	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
	matrinxã	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	
Ourinhos	pacu	< 0,0003	< 0,0003	0,007	< 0,0003
	tilápia	< 0,0003	< 0,0003	0,066	
	piaçu	< 0,0003	0,035		
	matrinxã	0,008			
Pindamonhangaba	pacu	< 0,0003	0,006	< 0,0003	< 0,0003
	tilápia	0,089	< 0,0003	0,003	< 0,0003
Piracicaba	pacu	0,010	0,003	0,010	0,020
	tilápia	0,016	0,011	0,005	
	matrinxã	0,019			
Presidente Prudente	pacu	0,005	0,011	0,012	< 0,0003
	tilápia	0,005	0,017	< 0,0003	
	piaçu	0,026			
Presidente Venceslau	pacu	< 0,0003	0,011	0,012	< 0,0003
	tilápia	0,019	0,004	< 0,0003	
Registro	pacu	< 0,0003			
	tilápia	< 0,0003			
Ribeirão Preto	pacu	< 0,0003			
	tilápia	< 0,0003	< 0,0003	0,002	< 0,0003
	piaçu	< 0,0003			
	tambaqui	< 0,0003	< 0,0003		
São João da Boa Vista	pacu	0,001	< 0,0003	< 0,0003	
	tilápia	0,005	0,007	0,006	
	carpa	0,013			
São José do Rio Preto	pacu	< 0,0003	0,006		
	piaçu	< 0,0003			
	tambaqui	0,006			
São Paulo	pacu	< 0,0003	< 0,0003		
	tilápia	0,024	0,005	< 0,0003	< 0,0003
	piaçu	0,016			
	tambaqui	0,012			
Sorocaba	pacu	0,034	0,035	0,074	0,031
	tilápia	0,019	0,217	0,063	
Tupã	pacu	0,012	0,008	0,016	
	tilápia	0,013	0,004	0,013	0,013
Votuporanga	pacu	0,015	0,019	< 0,0003	
	tilápia	0,010	0,012		
	piaçu	0,019			

encontrado níveis de mercúrio variando de 0,02 a 0,04mg/kg em amostras de moluscos bivalves coletados no litoral da Baixada Santista. De um modo geral, esses resultados estão próximos aos apresentados na Tabela 3.

4 - CONCLUSÕES

A validação da metodologia, evidenciou que na etapa de digestão da amostra a quantidade de ácido e oxidante empregado é o ponto crítico e que o uso da técnica de ICP OES acoplada a gerador de hidretos pode fornecer resultados confiáveis e limites de quantificação adequados para a determinação de mercúrio em amostras de peixes.

Podemos concluir que, no período estudado, as amostras de peixes procedentes de pesqueiros e pisciculturas das diferentes regiões do estado de São Paulo, encontravam-se em condições adequadas para o consumo humano, pois todas as amostras analisadas apresentaram níveis de mercúrio total inferiores ao estabelecido pela legislação brasileira e do MERCOSUL em vigor.

Não foi encontrada nenhuma relação para a concentração de mercúrio total entre o local de coleta e a espécie analisada.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 1989. **Toxicological profile for mercury**. Atlanta, U. S. Public Health Service.
- [2] BRASIL, LEIS, DECRETOS, etc. Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos DINAL - Portaria nº 685 de 27 de agosto de 1998. **Diário Oficial da União**. Brasília. seq.1, pt.1, p.1415-1437, 24 set. 1998.
- [3] DAMATO, C.; SÃO CLEMENTE, S.C.; SANTOS, N.N. Levantamento sobre os índices de mercúrio presentes em mexilhões (*Perna perna* L.) oriundos da Praia de Piratininga e Baía de Guanabara e Sepitiba. **Higiene Alimentar**, v. 11, n. 50, p. 30-35, 1997.
- [4] FDA (Food and Drug Administration), 2000. Guidance for Industry. **Analytical procedures and methods validation**. Endereço: <<http://www.fda.gov/cber/gdlns/methval.pdf>> .
- [5] FDA (Food and Drug Administration), 1987. **Guideline on general principles of process validation**. Endereço: <<http://www.fda.gov/cder/guidance/pv.htm>> .
- [6] FUKUMOTO, C.J. ; OLIVEIRA, C.A.F. Determinação de mercúrio em pescado comercializado no município de São Paulo, SP-Brasil. **Higiene Alimentar**. v. 9, n. 40, p. 27-30, 1985.
- [7] JOHN, M., 2000. Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry & Flame Emission Spectroscopy. New York. Endereço: <<http://cs.alfred.edu/~maurojc/papers/pdf/icp-fes.pdf>> .
- [8] GINE, M.F. Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). Piracicaba: CPG/CENA. 1998, 143p.
- [9] KITAHARA, S.E.; OKADA, I.A.; SAKUMA, A.M.; ZENEON, O.; JESUS, R.S.; TENUTA-FILHO, A. Mercúrio total em pescado de água doce. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.20, n. 2, p. 267-273, 2000.
- [10] PEREIRA, O.M.; HENRIQUES, M.B.; ZENEON, O.; SAKUMA, A.; KIRA, C.S. Determinação dos teores de Hg, Pb, Cd, Cu e Zn em moluscos (*Crassostrea brasiliana*, *Perna perna* e *Mystella falcata*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. v. 61, n. 1, p. 19-25, 2002.
- [11] PETERSON, C.L.; KLAWE, W.L.; SHARP, G.D. Mercury in tunas: a review. **Fishery Bulletin**, v. 71, n. 3, p. 603-613, 1973.
- [12] PREGNOLATTO, W.; GARRIDO, N.S.; TOLEDO, M. Pesquisa e determinação de mercúrio em peixes de água doce e salgada. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. v. 34, n. 1, p. 95-100, 1974.
- [13] SILVA, A. M. **Toxicologia do mercúrio no meio ambiente**. São Paulo: Cered. 1951, 26p.
- [14] WHO (World Health Organization). Environmental health criteria for methyl mercury. Geneve, **International Programme on Chemical Safety**. 1990, 144p.
- [15] YALLOUZ, A.; CAMPOS, R.C. Níveis de mercúrio em atum sólido enlatado comercializado na cidade do Rio de Janeiro. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 21, n. 1, p. 1-4, 2001.