

Mercúrio total em pescado da cadeia produtiva da Baixada Santista, estado de São Paulo, Brasil

Total mercury in fishes from the productive chain at the Santos coastal region, São Paulo, Brazil

RIALA6/1123

Marcelo Antonio MORGANO^{1*}, Agar Costa Alexandrino de PEREZ², Raquel Fernanda MILANI¹, Dilza Maria Bassi MANTOVANI¹, Cristiane Rodrigues Pinheiro NEIVA², Erika Fabiane FURLAN², Rúbia Yuri TOMITA², Roberto da Graça LOPES², Marildes Josefina Lemos NETOS²

*Endereço para correspondência: ¹ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos, Centro de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada, Av. Brasil, 2880, CEP 13070-178, Campinas, SP. E-mail: morgano@ital.sp.gov.br

² IP - Instituto de Pesca, Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio do Pescado Marinho, Av. Bartolomeu de Gusmão, 192 - Ponta da Praia - CEP 11030-906 - Santos (SP)

Trabalho financiado pela FAPESP (Proc. n° 03/06456-4)

Recebido: 07/05/2007 - Aceito para publicação: 30/07/2007

RESUMO

Neste estudo foi avaliado o teor de mercúrio total em diversas amostras de pescados da cadeia produtiva da Baixada Santista, SP. As amostras foram procedentes de estabelecimentos inspecionados das cidades de Bertioga, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos, São Vicente e da Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP). Após a validação da técnica foram realizadas as determinações do teor de mercúrio total em 257 amostras de pescados, utilizando-se a técnica de espectrometria de emissão com fonte de plasma indutivamente acoplado e gerador de hidretos (ICP OES-HG). A concentração de mercúrio total encontrada nas diversas espécies de peixes variou de 0,166 a 0,878mg/kg. Quase a totalidade das amostras apresentou concentração de mercúrio total abaixo do permitido pela legislação brasileira que é de 0,5 mg/kg para peixes não-predadores e 1,0mg/kg para peixes predadores.

Palavras-chave. pescado, qualidade do pescado, peixe, mercúrio total, espectrometria de emissão, gerador de hidretos, ICP OES.

ABSTRACT

The present study evaluated the total mercury in fish samples from the productive chain of Santos coastal region, SP. Fish samples were collected at Bertioga, Guarujá, Santos, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém, and Peruíbe cities. After validating the technique, the total mercury contents were determined in 257 fish samples by means of inductively coupled plasma optical emission spectrometry technique (ICP OES-HG). The concentration of total mercury found in several fish species ranged from 0.166 to 0.878 mg/kg. The majority of fish samples presented total mercury concentration higher than the maximum permitted value according to Brazilian legislation, which is 0.5mg/kg for non-predatory fish species and 1.0mg/kg for predatory species.

Key words. fish, mercury, determination, emission spectrometry, hydride generator, ICP OES.

INTRODUÇÃO

O consumo de peixe em muitas regiões do mundo tem se tornado um hábito como alternativa saudável a outras carnes, principalmente pela presença de ácidos graxos poliinsaturados, pela disponibilidade de proteínas e de vitaminas A e D. Contudo, o consumo de peixes em más condições de conservação pode causar doenças devido tanto as infecções, quanto a intoxicações¹. Além disso, o pescado pode estar contaminado por diferentes contaminantes inorgânicos que não são detectáveis pela avaliação sensorial, utilizada pelo consumidor no momento da compra e os peixes são considerados como a principal fonte de mercúrio ingerido pelo homem^{2,3}.

Na natureza o mercúrio é distribuído através das fontes poluentes que podem ter origem geológica natural ou antrópica. As formas inorgânicas podem, por processos biológicos, físicos ou químicos, serem convertidas em compostos como o metilmercúrio que, por serem solúveis em água, levam a contaminação das águas do mar e da biota aquática⁴.

Combinações perversas entre fontes antrópicas de Hg, a elevada concentração de matéria orgânica na água, a atividade de bactérias, a grande diversidade e o consumo de peixes pela população, aumentam a possibilidade de risco de intoxicação humana por compostos de mercúrio⁵.

No pescado, o mercúrio é fixado preferencialmente no grupamento sulfidrila da proteína, sendo acumulado principalmente como metilmercúrio (que constitui, em média, 85% do mercúrio total), considerada a forma química mais deletéria ao homem^{6,7,8}. Mesmo em regiões com níveis normais de mercúrio na água, podem ser observados níveis altos de mercúrio em peixes, uma vez que incorporado à cadeia trófica o mercúrio é biomagnificado⁹. Nos seres humanos, o metilmercúrio tem tempo de meia-vida biológica relativamente longo, de 44 a 80 dias, e sua excreção ocorre via fezes, urina e leite⁶.

Os sintomas decorrentes da presença de teor elevado de metilmercúrio são neurológicos: visão turva e redução do campo visual, ataxia, parestesia, neurastenia, perda de audição, disartria, confusão mental, tremor muscular, distúrbio da motilidade e, nos casos mais graves, paralisia e morte⁶.

O risco de intoxicação pela acumulação de metilmercúrio proveniente da ingestão de pescado contaminado depende do teor do contaminante na carne, da quantidade ingerida e da frequência de ingestão (em função do tempo de meia-vida)¹⁰. No Brasil, o limite de tolerância de mercúrio em pescado foi fixado em 0,5mg/kg para espécie não-predadora e 1,0 mg/kg para espécie predadora¹¹. Em alguns países da Europa (como Alemanha, Finlândia, Suécia), na Nova Zelândia e nos Estados Unidos, o valor limite permitido é de 1,0mg/kg. No Japão o limite é de 0,4mg/kg, na Austrália, Israel, Noruega, Suíça e Tailândia é de 0,5 mg/kg e na Itália de 0,7mg/kg¹².

Mesmo que os alimentos sejam submetidos a salga, defumação ou tratamentos com ácidos fracos, não apresentam alteração na quantidade de mercúrio total¹³. Por outro lado, estudos mostraram perda de aproximadamente 30 % do teor de mercúrio após fritura ou cocção¹⁴.

A Baixada Santista foi considerada, na década de 70, uma das regiões com maior contaminação ambiental devido à crescente industrialização, recebendo a partir daí mais atenção das autoridades quanto aos riscos oriundos da presença de contaminantes e quanto ao controle das fontes poluidoras¹⁵.

Silva et al.¹⁶ estudaram amostras de mexilhões extraídos nas baías de Santos e São Vicente e encontraram níveis de mercúrio inferiores a 0,05 mg/kg, ou seja, abaixo do permitido pela legislação brasileira. Os moluscos bivalves são filtradores e bioacumulam resíduos químicos e biológicos e são utilizados mundialmente como indicadores de poluição marinha. Em análise realizada em 1997, pela CETESB¹⁷ na região de Bertioga, ainda com bivalves, também foram encontrados níveis de mercúrio abaixo do legalmente permitido. O trabalho de Morales-Aizpurúa et al.² mostrou que existe contaminação por Hg em amostras de cação comercializadas em SP, onde foram detectados níveis de Hg 0,04 e 4,71mg/kg, com 54% das amostras (n = 26) acima do permitido pela legislação brasileira. Em outro estudo com moluscos bivalves coletados em bancos naturais do litoral da Baixada Santista, Pereira et al.¹⁸ revelaram que em 70 amostras avaliadas os níveis de concentração de mercúrio foram inferiores ao estabelecido pela legislação brasileira.

No entanto, em relação aos peixes, objeto de estudo deste artigo, é preciso considerar que a produção desembarcada na Baixada Santista é produto tanto de capturas no litoral e ambientes costeiros da Região, como também de pescarias realizadas na faixa litorânea compreendida, geralmente, entre o Rio de Janeiro e Santa Catarina. Sellanes et al.³ estudando a presença de Hg total em 85 amostras de peixes (dourado de mar, sardinha, atuns, ariocós, vermelhos e xerelete) da costa fluminense, não encontraram níveis acima de 0,5mg/kg. Vieira et al.¹⁹ estudando peixes carnívoros, onívoros, herbívoros e detritívoros encontraram os maiores níveis de Hg nos peixes carnívoros (cachara, pintado, piranha e dourado de água doce), mostrando também que existe uma tendência à concentração decrescente de Hg na carne dependendo do hábito alimentar: carnívoros > onívoros > herbívoros > detritívoros.

Diante da relevância do mercúrio como contaminante ambiental e sua possível transferência para o ser humano pela cadeia trófica, o objetivo deste trabalho foi avaliar se existe contaminação apreciável de mercúrio total em peixes marinhos amostrados em diferentes cidades da Baixada Santista, onde se encontram os maiores entrepostos de desembarque e agentes de distribuição de pescado para o mercado consumidor paulista e da CEAGESP.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem

No período de junho de 2005 a setembro de 2006, técnicos do Serviço de Inspeção e Vigilância Sanitária em nível municipal, estadual e federal, coletaram 257 amostras de peixe *in natura*, em oito diferentes pontos da cadeia produtiva do pescado marinho na região da Baixada Santista denominados de barco, entreposto, indústria, mercado municipal, mercado

atacadista, peixaria, feira livre e supermercado (Tabela 1). Os locais de coleta das amostras foram definidos de maneira a possibilitar que todos os pontos desta cadeia produtiva fossem contemplados. As cidades de coleta das amostras de pescados foram: Bertioga, Guarujá, Santos, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe. Também foram obtidas algumas amostras do CEAGESP, de lotes de pescado procedentes da região da Baixada Santista. Os pontos de coleta da cadeia produtiva são conceituados como:

- Barco: refere-se ao ponto que antecede o desembarque e neste entende-se que o pescado ainda não foi submetido a nenhum tipo de beneficiamento, nem mesmo a lavagem.
- Entreposto: refere-se ao local onde o pescado é desembarcado e inicialmente beneficiado, passando pelas etapas de lavagem, separação (por espécies ou categorias) e pesagem.
- Indústria: neste local o pescado recebido após a lavagem, separação e pesagem é submetido a algum tipo de processamento, seja pela obtenção de cortes como postas ou filés, ou produtos mais elaborados, sendo considerado como matéria-prima.
- Mercado municipal: local que comercializa o pescado e possui infraestrutura e serviços básicos, em sua maioria possuem construções em alvenaria, subdivididas em boxes

azulejados. Manipula os pescados realizando procedimento de evisceração e filetagem.

- Feira livre: refere-se ao tipo de comércio formalmente autorizado realizado em barracas montadas em ruas e com caráter itinerante que comercializa o pescado, manipulando-o minimamente (evisceração e filetagem).

- Supermercado: lojas pertencentes a grandes redes de supermercados ou hipermercados, comercializam o pescado em balcões refrigerados e os manipula.

- Mercado atacadista: local que centraliza o comércio em grande escala, recebe e distribui o pescado oriundo de várias localidades, não sendo manipulado e em sua maioria permanece em caixas com gelo durante a comercialização. Neste estudo refere-se ao CEAGESP de São Paulo, onde foram coletadas somente as amostras do pescado oriundo da Baixada Santista.

As amostras chegaram ao laboratório em sacos plásticos limpos, separadas por espécie e ponto de coleta, transportadas em caixas isotérmicas com gelo. Em seguida foram filetadas, eliminando-se as vísceras, pele e escamas. A seguir, os filés de cada amostra foram homogeneizados em multiprocessador e armazenados em sacos de polietileno a -18°C até o momento das análises químicas.

Tabela 1. Identificação das espécies de peixes marinhos coletados nos diferentes elos da cadeia produtiva da Baixada Santista/SP, no período de junho de 2005 a setembro de 2006 e distribuição do número de amostras por espécies analisadas.

| Nome comercial | Nome Científico | Número de amostras |
|------------------|---------------------------------|--------------------|
| Abrótea | <i>Urophycis brasiliensis</i> | 07 |
| Anchova | <i>Pomatomus saltatrix</i> | 04 |
| Atum | <i>Thunnus albacares</i> | 02 |
| Bagre | <i>Genidens barbuis</i> | 01 |
| Betara | <i>Menticirrhus americanus</i> | 16 |
| Bicuda | <i>Sphyræna sp</i> | 01 |
| Cabrinha | <i>Prionotus punctatus</i> | 09 |
| Carapau | <i>Caranx hippos</i> | 01 |
| Catuá | <i>Cephalopholis fulva</i> | 01 |
| Chora-chora | <i>Umbrina canosai</i> | 02 |
| Cioba | <i>Lutjanus analis</i> | 05 |
| Corcoroca | | 02 |
| Congro-rosa | <i>Brotula clarkae</i> | 01 |
| Corvina | <i>Micropogonias furnieri</i> | 57 |
| Galo | <i>Selene setapinnis</i> | 01 |
| Goete | <i>Cynoscion jamaicensis</i> | 32 |
| Guaivira | <i>Oligoplites saliens</i> | 04 |
| Meca | <i>Xiphias gladius</i> | 01 |
| Merluza | <i>Merluccius hubbsi</i> | 02 |
| Oveva | <i>Larimus breviceps</i> | 01 |
| Palombeta | <i>Chloroscombrus chrysurus</i> | 02 |
| Pargo | <i>Pargrus pagrus</i> | 01 |
| Peixe-lua | <i>Masturus lanceolatus</i> | 02 |
| Peixe-sapo | <i>Lophius gastrophysis</i> | 02 |
| Pescada | Família Sciaenidae | 20 |
| Pescada-amarela | Família Sciaenidae | 03 |
| Pescada-branca | Família Sciaenidae | 11 |
| Pescada-cambucu | Família Sciaenidae | 01 |
| Pescada-inglesa | Família Sciaenidae | 04 |
| Maria-mole | Família Sciaenidae | 03 |
| Porquinho | <i>Balistes caprisicus</i> | 01 |
| Raia | | 01 |
| Sardinha | <i>Sardinellabrasiliensis</i> | 30 |
| Savelha | | 01 |
| Sororoca | <i>Scomberomorus maculatus</i> | 05 |
| Tainha | <i>Mugil liza</i> | 16 |
| Trilha | <i>Mullus argentinae</i> | 01 |
| Peixe-voador | | 01 |
| Não Identificado | | 02 |

Reagentes

Ácido sulfúrico, permanganato de potássio, pentóxido de vanádio, ácido nítrico, ácido clorídrico, cloridrato de hidroxilamina, de elevada pureza e baixo teor de mercúrio (Merck). Cloreto de estanho (Carlo Erba Analyticals). Argônio líquido (99,996 %, Air Liquide, SP, Brasil). As soluções padrão de mercúrio foram preparadas a partir de diluição apropriada do padrão estoque de referência certificado de 1000mg/L (Merck), rastreado pelo NIST, em solução $H_2SO_4:HNO_3$ 5% (v/v). Toda vidraria utilizada foi lavada com solução de Extran® seguida de imersão em ácido nítrico a 20 % durante 2 horas e enxágüe final com água destilada e deionizada.

Método analítico

As análises foram feitas em triplicata, segundo o método descrito por Morgano et al.²⁰. Para a digestão das amostras foram pesados 0,5g de peixe diretamente no tubo de vidro de digestão e, em seguida, adicionados 10mL de mistura sulfonítrica ($HNO_3:H_2SO_4$ 1:1 (v/v) com 0,1 % (m/v) de V_2O_5) 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, adicionaram-se 5 mL de $KMnO_4$ 7 % (m/v) e submeteu-se novamente 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). Transferiu-se o conteúdo do tubo para balão volumétrico de 50mL e completou-se o volume com água destilada e deionizada.

Para a quantificação do mercúrio total presente, utilizou-se um ICP OES simultâneo da VARIAN, modelo VISTA-MPX (Mulgrave, Austrália) e um gerador de hidretos VARIAN – VGA77 (Mulgrave, Austrália), usando argônio como gás de arraste e para a formação do plasma. As condições de operação do instrumento foram: potência de rádio frequência = 1,0 kW, fluxo do argônio = 15L/min, fluxo do gás auxiliar = 1,5L/min, tempo de replicata = 10s, tempo de estabilização = 15s, tempo de limpeza = 10s, replicatas = 3, correção de background e comprimento de onda para leitura do mercúrio = 194,164nm.

Validação do método

Para a determinação dos parâmetros de validação foram adotados os critérios estabelecidos pelo FDA^{21,22}. Avaliou-se a exatidão do método utilizando-se um material de referência certificado de tecido de ostra (NIST SRM 1566b, Oyster Tissue) com valor certificado para o mercúrio de $0,0371 \pm 0,0013$ mg/kg, sendo $0,036 \pm 0,003$ mg/kg (n = 5; z-score = 0,8) o valor encontrado experimentalmente. Utilizou-se também o método de adição de padrão e a recuperação encontrada variou entre 90 a 98 % para adição de mercúrio entre 0,02 a 0,04mg/kg, com coeficiente de variação entre 1% a 3 %,

para n = 3 repetições em cada faixa de concentração. Para a determinação do limite de detecção (LOD) e do limite de quantificação (LOQ) foram preparados 10 brancos dos reagentes com adição de quantidade de mercúrio equivalente a metade do primeiro ponto da curva analítica. Os limites de detecção e de quantificação foram 0,04mg/kg (3 vezes o desvio-padrão de 10 repetições de branco x fator diluição) e 0,07mg/kg (10 vezes o desvio-padrão de 10 repetições de branco x fator diluição), respectivamente. A precisão do método avaliada pelo coeficiente de variação de cinco repetições analíticas foi de 9 %. A curva de calibração na faixa de 0,5 a 50µg/L foi linear em toda faixa de concentração (r = 0,9999). O teor de carbono residual da amostra encontrado foi de 4 %. Os parâmetros ensaiados indicaram adequação do método empregado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as 257 amostras de peixes analisadas foram calculadas as médias, estimativas de desvio-padrão, valores mínimos e máximos e a mediana (em peso úmido) para o total de amostras de cada município e os resultados estão apresentados na Tabela 2. As espécies analisadas apresentaram concentração de mercúrio total abaixo dos limites estabelecidos pela legislação brasileira vigente¹¹ que é de 0,5mg/kg para pescado não-predador e 1mg/kg para pescado predador. Somente em duas amostras de peixes predadores foram encontrados níveis de mercúrio acima de 0,5mg/kg. Estas amostras foram procedentes das cidades de Santos e Guarujá, das espécies meca (Hg = $0,878 \pm 0,099$ mg/kg) e bagre (Hg = $0,660 \pm 0,070$ mg/kg), tendo sido coletadas no entreposto e em supermercado, respectivamente. Cabe considerar que o peixe denominado por meca é, na verdade, uma espécie pelágica migradora, que vive em águas afastadas da costa, inclusive internacionais, sendo apenas desembarcada na Baixada Santista. A bioacumulação do contaminante inorgânico, portanto, pode ter ocorrido a partir de fontes que escapam ao controle das autoridades nacionais. Já o bagre é espécie demersal-bentônica, o que a expõe mais ao risco de bioacumulação do Hg por ingerir presas associadas ao sedimento de fundo, onde tende a se concentrar o metal, mesmo anos após a interrupção de descargas contaminantes.

A Tabela 3 apresenta os resultados encontrados para o teor de mercúrio total para as espécies de pescados estudadas. As amostras eram predominantemente da família *Sciaenidae*, ou seja, compostas por goetes (32 amostras), pescadas (42 amostras) e corvinas (57 amostras), totalizando 58% da amostragem total. As sardinhas também foram representativas (30 amostras) e as outras espécies apareceram em menor proporção variando de 1 a 9 amostras por espécie estudada.

Tabela 2. Concentrações médias \pm estimativas de desvios-padrão, valores mínimos e valores máximos de mercúrio total, em mg/kg, encontrado nas amostras de peixes coletadas em diferentes municípios da Baixada Santista/São Paulo.

| Localidade | n* | Mercúrio total (mg/kg) | | | |
|--------------|----|---------------------------|--------|--------|---------|
| | | Média \pm Desvio-Padrão | Mínimo | Máximo | Mediana |
| Mongaguá | 10 | 0,092 \pm 0,058 | < 0,07 | 0,217 | 0,091 |
| Santos | 64 | 0,125 \pm 0,129 | < 0,07 | 0,878 | 0,100 |
| Peruíbe | 9 | 0,087 \pm 0,120 | < 0,07 | 0,357 | 0,030 |
| Bertioga | 20 | 0,093 \pm 0,102 | < 0,07 | 0,390 | 0,035 |
| Praia Grande | 20 | 0,096 \pm 0,083 | < 0,07 | 0,355 | 0,085 |
| Guarujá | 57 | 0,099 \pm 0,104 | < 0,07 | 0,660 | 0,060 |
| Itanhaém | 3 | 0,099 \pm 0,104 | < 0,07 | 0,180 | 0,020 |
| São Vicente | 34 | 0,075 \pm 0,045 | < 0,07 | 0,180 | 0,057 |
| Ceagesp | 40 | 0,088 \pm 0,087 | < 0,07 | 0,407 | 0,068 |

*n = número de amostras de peixe coletadas por localidade.

Tabela 3. Concentrações médias \pm estimativas de desvios-padrão, valores mínimos e máximos de mercúrio total (mg/kg) encontrados para as diferentes espécies de peixes analisadas.

| Espécies | n | Mercúrio total (mg/kg) | | |
|-------------|----|---------------------------|--------|--------|
| | | Média \pm Desvio-padrão | Mínimo | Máximo |
| Abrótea | 6 | 0,082 \pm 0,018 | <0,07 | 0,110 |
| Anchova | 4 | 0,107 \pm 0,030 | <0,07 | 0,143 |
| Atum | 2 | 0,125 \pm 0,078 | <0,07 | 0,180 |
| Bagre | 1 | 0,660 | 0,660 | 0,660 |
| Betara | 16 | 0,086 \pm 0,038 | <0,07 | 0,211 |
| Cabrinha | 8 | 0,151 \pm 0,113 | <0,07 | 0,407 |
| Chora-chora | 2 | <0,07 | <0,07 | <0,07 |
| Cioba | 5 | <0,07 | <0,07 | <0,07 |
| Cocoroça | 2 | 0,170 \pm 0,006 | 0,166 | 0,174 |
| Corvina | 57 | 0,122 \pm 0,080 | <0,07 | 0,387 |
| Goete | 32 | 0,088 \pm 0,032 | <0,07 | 0,190 |
| Guaivira | 4 | 0,123 \pm 0,055 | <0,07 | 0,180 |
| Meca | 1 | 0,878 | 0,878 | 0,878 |
| Merluza | 2 | <0,07 | <0,07 | <0,07 |
| Palombeta | 2 | 0,136 \pm 0,025 | 0,118 | 0,153 |
| Peixe Lua | 2 | 0,276 \pm 0,067 | 0,228 | 0,323 |
| Peixe Sapo | 2 | 0,161 \pm 0,058 | 0,120 | 0,202 |
| Pescada | 42 | 0,094 \pm 0,045 | <0,07 | 0,258 |
| Sardinha | 30 | <0,07 | <0,07 | <0,07 |
| Sororoça | 5 | 0,077 \pm 0,016 | <0,07 | 0,105 |
| Tainha | 16 | <0,07 | <0,07 | <0,07 |
| Outros | 16 | 0,123 \pm 0,089 | <0,07 | 0,355 |

* n = número de amostras de peixe da espécie analisada.

Na Figura 1 apresenta-se a concentração média de mercúrio, calculada em base úmida, para os oito municípios amostrados na Baixada Santista. O município que apresentou amostras com maior concentração de mercúrio foi Santos e com menores concentrações foi São Vicente. Em Santos, as principais espécies de peixes foram a pescada, goete, meca, abrótea, corvina e sardinha. Estas são as espécies de maior comercialização na Baixada Santista e, embora o teor de mercúrio total esteja aquém dos valores máximos permitidos pela legislação nacional¹¹, o risco de contaminação pode existir na dependência da quantidade de pescado ingerida, ainda que seja uma situação difícil de ocorrer em razão de que o hábito alimentar do brasileiro não contempla a carne de peixe entre as preferidas. Apenas em termos individuais pode haver algum risco. No Japão, onde há um alto consumo de peixe, o nível máximo de mercúrio total permitido é de 0,4mg/kg, inferior ao de outros países onde o consumo de pescado é menor. Contribuiu para o valor geral de Hg total detectado nas amostras de Santos a maior concentração encontrada na carne de meca.

Na Figura 2 apresenta-se a distribuição dos pontos da cadeia produtiva do pescado nos quais se coletaram amostras, sendo que predominaram as coletas em mercado, supermercado e em barcos de pesca. As amostras provenientes de mercado e supermercado foram predominantes, pois estes são os locais de maior volume de comercialização, certamente em razão da praticidade e da previsível melhor higiene do produto.

Na Figura 3 apresenta-se a distribuição percentual das amostras nos diferentes municípios. As cidades em que foram coletadas mais amostras (Santos, Guarujá, e São Vicente, além do Ceagesp) são as que possuem mais equipes ligadas aos serviços de inspeção de produtos de origem animal.

A Figura 4 mostra o percentual de participação nas amostras das espécies predominantes. Quatro delas (corvina, cabrinha, sardinha e betara) somaram 54% das amostras analisadas. Estas são as quatro espécies de maior produção desembarcada e comercializada na Baixada Santista, em função das capturas e do menor preço. As espécies com menos de 2% do total foram agrupadas em outros.

Kitahara et al.⁷ analisaram amostras de peixes de água-doce de diferentes locais de captura e procedência comercial do país inteiro e encontraram níveis de concentração de Hg de 0,01 a 0,02mg/kg para tilápia e 0,04 a 0,26mg/kg para matrinxã. Fu Fumoto e Oliveira²³ analisaram peixes marinhos e de água doce comercializados na cidade de São Paulo e encontraram níveis de mercúrio variando de 0,02 – 0,06mg/kg para a tilápia. Damato et al.²⁴ analisaram mexilhões procedentes da Baixada Fluminense e encontraram níveis médios de mercúrio que variaram de 0,03 a 0,06mg/kg. De modo geral, esses

resultados estão próximos aos apresentados na Tabela 2 e Tabela 3. Estes estudos mostram a vulnerabilidade dos sistemas aquáticos à contaminação por mercúrio, tornando necessário o constante monitoramento do pescado destinado ao consumo humano.

O resultado desta pesquisa é altamente satisfatório sob o ponto de vista do consumidor, devido aos baixos valores encontrados para o mercúrio total presente nas amostras estudadas. Este estudo não permitiu identificar se há probabilidade de contaminação por mercúrio em algum elo da cadeia produtiva do pescado marinho da Baixada Santista, pois não foram encontrados níveis deste contaminante que fornecesse dados para esta afirmação.

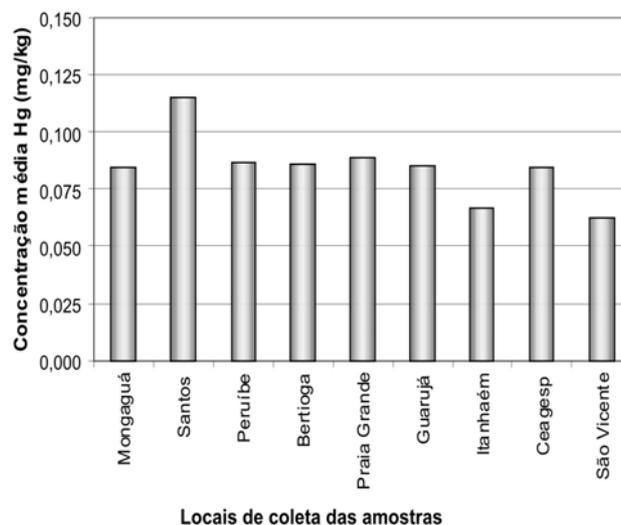


Figura 1. Concentração média de mercúrio (Hg) total, em base úmida, por município de coleta e amostras procedentes do CEAGESP da Baixada Santista.

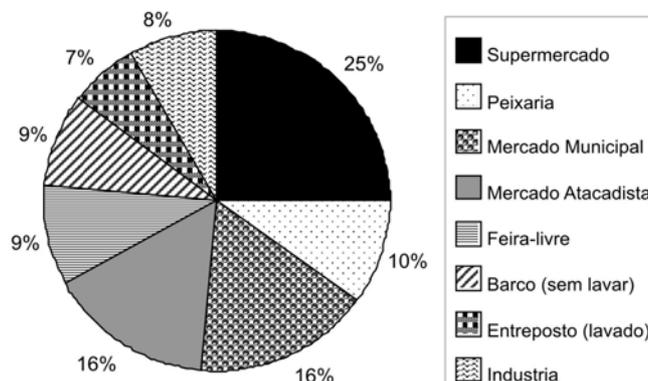


Figura 2. Distribuição percentual das amostras de peixe nos diferentes pontos da cadeia produtiva do pescado.

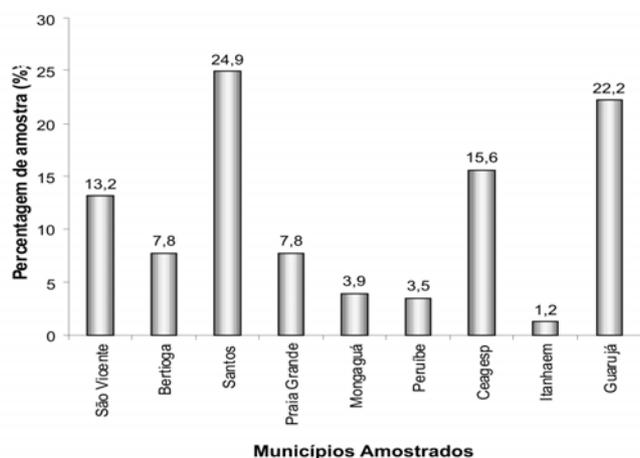


Figura 3. Distribuição percentual das amostras por município.

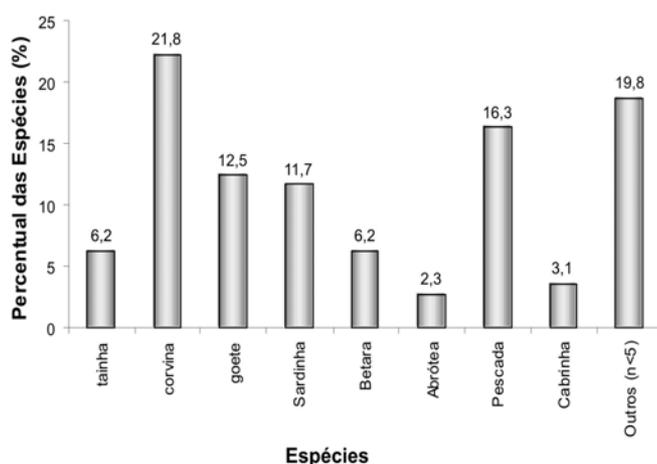


Figura 4. Participação percentual das principais espécies no total amostrado.

CONCLUSÃO

Praticamente as 257 amostras de peixes procedentes da Baixada Santista, litoral de São Paulo, no período 2005/2006 encontravam-se em condições adequadas para o consumo humano quanto à presença do mercúrio total, pois apresentaram níveis inferiores ao estabelecido pela legislação brasileira (0,5mg/kg para peixe não predador e 1,0mg/kg para peixe predador), não importando o local ou a espécie analisada com exceção das espécies de meca e de bagre.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte financeiro obtido junto à FAPESP (Processo nº03/06456-4).

REFERÊNCIAS

1. Germano PML, Oliveira JCF, Germano MIS. O pescado como causa de toxinfecções bacterianas. *Hig Aliment* 1993; 7 (28): 40-5.
2. Morales-Aizpurúa IC, Tenuta-Filho A, Sakuma AM, Zenebon O. Mercúrio total em cação comercializado em São Paulo – SP, Brasil. *Cienc Tecnol Aliment* 1999; 19 (3): 429-32.
3. Sellanes AG, Mársico ET, Santos NN, Clemente SCS, Oliveira GA, Monteiro ABS. Mercúrio em peixes. *Acta Scientiae Veterinariae* 2002; 30(2): 107-12.
4. Ferreira JR. Mercury in water and fish from the São Vicente estuary near Santos, Brazil. *Ambio* 1979; 8 (1): 210-13.
5. Lacerda LD, Pfeiffer WC, Malm O, Souza CMM, Silveira EG, Bastos WR. Mercúrio no meio ambiente: Risco potencial das áreas garimpeiras no Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensis* 1990; 3 (2): 969-77.
6. Bisinoti MC, Jardim WF. O comportamento do metilmercúrio (METILHg) no ambiente. *Quim Nova* 2004; 27 (4): 593-600.
7. Kitahara SE, Okada IA, Sakuma AM, Zenebon O, Jesus RS, Tenuta-Filho A. Mercúrio total em pescado de água doce. *Cienc Tecnol Aliment* 2000; 20 (2): 267-73.
8. Silva A M. Toxicologia do mercúrio no meio ambiente. São Paulo. Cered, 1951. 26p.
9. Peterson CL, Klawe WL, Sharp GD. Mercury in tunas: a review. *Fish Bull* 1973; 71 (3): 603-13.
10. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (ATSDR). Toxicological profile for mercury. Atlanta, U. S. Public Health Service; 1989.
11. Brasil. Portaria nº 685 de 1998 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder executivo*. Brasília, DF, 27 ago. 1998. Seção 1, nº 1, p. 1415-37.
12. Johnston JN, Savage GP. Mercury consumption and toxicity with reference to fish and fish meal. *Nutr Abstr Rev* 1991; 61 (2): 73-116.
13. Souza JVB, Goyannes AL. Contenido de mercúrio en productos de la pesca por espectrometria de absorción atômica en vapor frio. *Anales Bromatologia* 1986; 44: 45-57.
14. Limaverde Filho AM, Campos RC, Goes VA, Pinto RAG. Avaliação da perda de mercúrio total em peixes antes e após os processos de fritura e cocção. *Cienc Tecnol Aliment* 1999; 19 (1): 19-22.
15. Pfeiffer SC. Heavy metals surveys in Brazilian coastal environments. In: Seeligier U, Lacerda LD, Patchineelam SR. eds. *Metals in Coastal Environments of Latin America*. Berlin, Springer-Verlag, 1988, p.3-8.

16. Silva CCA, Tommasi LR, Boldrini CV, Pereira DN. Níveis de mercúrio na Baixada Santista. *Ciênc Cult* 1983; 35 (6): 771-3.
17. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental [CETESB]. Resolução SMA n. 63, de 16 dez 1996: Rio Itaguapé. São Paulo; 1997. p.15.
18. Pereira OM, Henriques MB, Zenebon O, Sakuma A, Kira CS. Determinação dos teores de Hg, Pb, Cd, Cu e Zn em moluscos (*Crassostrea brasiliana*, *Perna perna* e *Mystella falcata*). *Rev Inst Adolfo Lutz* 2002; 61 (1): 19-25.
19. Vieira LM, Nunes VS, Campos RC. Níveis de mercúrio total em carne de peixes como indicadores de contaminação em sistemas aquáticos do Pantanal. In: IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, Corumbá/MS, 2004: p. 8.
20. Morgano MA, Gomes PC, Mantovani DMB, Perrone AAM, Santos T. Níveis de mercúrio total em peixes de água doce de pisciculturas paulistas. *Ciênc Tecnol Aliment*. 2005; 25 (2): 250-253.
21. FDA. Food and Drug Administration. Guideline on general principles of process, 1987 [cited 2007 Jan 10]. Available from: <http://www.fda.gov/cder/guidance/pv.htm>.
22. FDA. Food and Drug Administration. Guidance for Industry, Analytical procedures and methods validation, 2000 [cited 2007 Jan 10]. Available from: <http://www.fda.gov/cber/gdlns/methval.pdf>.
23. Fu Kumoto CJ, Oliveira CAF. Determinação de mercúrio em pescado comercializado no município de São Paulo, SP-Brasil. *Hig Aliment*. 1995; 9 (40): 27-30.
24. Damato C, São Clemente SC, Santos NN. Levantamento sobre os índices de mercúrio presentes em mexilhões (*Perna perna* L.) oriundos da Praia de Piratininga e Baía de Guanabara e Sepitiba. *Hig Aliment* 1997; 11 (50): 30-5.