

ARTIGO ORIGINAL **Condições sócioeconômicas e exposição ao mercúrio (Hg) através do consumo de peixe: um estudo de caso em Santarém, Pará, Brasil***

ORIGINAL ARTICLE Socioeconomic conditions and mercury (Hg) exposure through fish consumption: a case study in Santarém, Pará, Brazil

* Este trabalho foi realizado no Laboratório de Biologia Ambiental da Universidade Federal do Pará, em seu campus avançado de Santarém.

Carlos J. PASSOS¹
Marc LUCOTTE²
Aldo QUEIROZ³
Donna MERGLER¹
Reinaldo PELEJA³
Ynglea GOCH³
Silmara MORAIS¹

¹ Centre d'études des interactions biologiques entre la santé et l'environnement, Université du Québec à Montréal, Canadá.

² Institut des sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal, Canadá.

³ Laboratório de Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará, Brasil.

CORRESPONDÊNCIA/ CORRESPONDENCE:

Carlos J Passos
Tel: (514) 987-3000 ext 4126
Fax: (514) 987-6183
e-mail:
passos.carlos@courrier.uqam.ca

RESUMO

O presente estudo objetiva investigar o perfil de exposição ao Hg através do consumo de peixe na cidade de Santarém, Pará, tendo em vista o papel das condições socioeconômicas. Administraram-se questionários socioeconômicos a dois grupos: moradores do bairro do Mapiri (1) e universitários (2). Foram determinados o consumo de peixe e as concentrações de Hg total no cabelo dos participantes por Espectrometria de Fluorescência Atômica (CVAFS). Também coletaram-se amostras de peixe de dois lagos (Juá e Mapiri), principal fonte do pescado para o grupo 1 e amostras de peixe do Mercado de Santarém, principal fonte de pescado para o grupo 2. Concentrações de Hg total nos peixes consumidos pelo grupo 1: 0.01-0.3 mg/g (0.1 ± 0.08); pelo grupo 2: 0.01-0.76 mg/g (0.1 ± 0.1). Concentrações de Hg total no cabelo dos participantes do grupo 1: 0.6-15.2 mg/g (3.1 ± 3.1); grupo 2: 0.08-1.9 mg/g (0.8 ± 0.4). Para o grupo 1, o número médio de refeições de peixe foi de treze vezes por mês; no grupo 2, duas vezes por mês. Observou-se uma diferença significativa de nível de Hg entre os moradores do Mapiri e os universitários (Mann-Whitney U, $p < 0.0001$), onde aqueles apresentam concentração média superior a estes. Entretanto, a concentração de Hg nos peixes consumidos por ambos os grupos é similar, sugerindo que a diferença média do nível de Hg é devida ao maior consumo de peixe no Mapiri, o que por sua vez é fortemente influenciado pelas condições socioeconômicas de sua população.

Palavras-chave:
Condições socioeconômicas, Consumo de peixe, Mercúrio em cabelos.

ABSTRACT

This paper aims at examining the role of socioeconomic conditions on human exposure to Hg through fish consumption in the city of Santarém, Pará State, Brazil. Two groups were established on the basis of their socioeconomic status. The first group (n=22) included inhabitants of a poor neighborhood, the Mapiri district (Mapiri group) and the second group (n=22) included students from 2 Universities (students group). Socioeconomic questionnaires were distributed to both groups. Hair samples were collected from each participant for determination of total mercury concentration. Total mercury was determined by Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry (CVAFS). In addition, fish were collected from two lakes (Juá and Mapiri, n=31; 6 species), which are the main source of fish consumed by group 1. Fish samples were also obtained (n=30; 5 species) from the Santarém General Market, which is the main source of the fish consumed by group 2. Hair Hg concentrations were significantly different (Mann-Whitney, $p < 0.0001$) between the Mapiri inhabitants (mean: 3.1 mg/g \pm 3.1, ranging from 0.6-15.2 mg/g), and students (mean: 0.8mg/g \pm 0.4, ranging from 0.08-1.9mg/g). No differences were observed in Hg concentrations in fish. At Juá and Mapiri lakes concentrations were in the range 0.01-0.3 mg/g (0.1 ± 0.08); in fish from the Santarém General Market the concentrations were 0.01-0.76 mg/g (0.1 ± 0.1). Thus, the mean Hg concentration in fish consumed by both groups is similar. However, on average, the Mapiri group consumed fish thirteen times a month, whereas the undergraduate students consumed fish only twice a month. Fish is a commodity readily available to poor populations, suggesting that the average difference in hair Hg could be explained by higher fish consumption at Mapiri, which is strongly influenced by its socioeconomic condition. These findings bear evidence that socioeconomic conditions can play an important role on the health and well being of local populations.

Key words:
Socioeconomic conditions, Fish consumption, Mercury in hair.

INTRODUÇÃO

Na Amazônia Brasileira o mercúrio (Hg) tem sido utilizado em diversas áreas de exploração de ouro, conhecidas popularmente como garimpos. Ao longo dos últimos trinta anos, aproximadamente um milhão de pessoas foram envolvidas em atividades rudimentares de extração de ouro utilizando a técnica de amalgamação com Hg, através da qual é possível retirar as finas partículas de ouro presentes nos sedimentos dos rios e na areia (Cleary, 1990). Estima-se que em torno de 130 toneladas de Hg foram lançadas anualmente na Amazônia Brasileira, depositando-se em diversos compartimentos do ecossistema (Martinelli et al., 1988; Malm et al., 1990; Pfeiffer et al., 1991; Pfeiffer et al., 1993). Além disso, estudos mais recentes têm mostrado que o desmatamento resultante do processo de ocupação recente e de práticas agrícolas de corte e queima tem propiciado a erosão de solos podzólicos e contribuído, significativamente, para a contaminação mercurial dos corpos d'água na bacia amazônica (Roulet et al., 1998, 1999; Farella et al., 2001). Dessa forma, o Hg proveniente tanto dos garimpos quanto dos processos de desmatamento é convertido em uma forma orgânica chamada metilmercúrio (MeHg), a qual contamina os peixes que constituem a principal fonte de proteínas para muitas comunidades ribeirinhas que vivem às margens desses rios (Malm et al., 1990; Pfeiffer et al., 1991; Boischio et al., 1995; Lebel et al., 1997; Dolbec et al., 2001). A poluição mercurial dos ecossistemas amazônicos constitui uma importante preocupação em saúde ambiental na região, visto que alguns estudos têm sugerido evidências de associações entre níveis elevados de MeHg no cabelo e disfunções neurológicas e citogenéticas em populações ribeirinhas (Lebel et al., 1996, 1998; Dolbec et al., 2000; Amorim et al., 2000).

Mishra et al (2002) destacam a importância das relações existentes entre o nível socioeconômico e as taxas de morbidade ligadas ao padrão alimentar de uma população, onde pessoas de baixo nível socioeconômico são geralmente mais expostas à agentes prejudiciais à saúde através da alimentação. Sendo a cidade de Santarém localizada na confluência de dois grandes rios (Amazonas e Tapajós), o consumo de peixe é parte integrante da alimentação tradicional, entre outras razões, por ser um recurso de fácil acesso. Tendo em vista os níveis de contaminação mercurial dos peixes da região e considerando a importância das condições socioeconômicas na determinação do consumo de alimentos, o presente estudo objetivou investigar o papel das condições socioeconômicas na determinação do perfil de exposição ao Hg através do consumo de peixe em uma amostra da população de Santarém. O estudo de tais relações pode gerar importantes dados para se identificar a camada da população mais exposta ao Hg e, através disso, desenvolver ações preventivas no ambiente bem como melhores estratégias de saúde pública.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento consistiu, em um primeiro momento, na administração de questionários socioeconômicos em dois grupos, assim como a coleta de amostras de cabelo para análise das concentrações de Hg. Em um segundo momento, coletaram-se amostras de peixe de dois lagos que constituem a principal fonte do pescado para o consumo do grupo 1 da primeira fase, assim como amostras provenientes do mercado geral de Santarém, que constituem a principal fonte de peixe para consumo do grupo 2 da primeira fase.

A amostragem relativa ao primeiro grupo da fase I foi realizada em um bairro periférico de Santarém chamado Mapiri,

situado às margens do lago Mapiri. Um total de 22 pessoas respondeu a um questionário socioeconômico no mês de fevereiro de 1997, contendo questões relativas à idade, sexo, escolaridade, profissão, tamanho da família, condições de moradia, renda familiar, assistência de saúde e frequência de consumo de peixe. No momento da administração do questionário, mechas de cabelo de cada participante foram coletadas da raiz na região occipital da caixa craniana, acondicionadas em sacos plásticos com a extremidade grampeada e então levadas ao laboratório para posterior análise do conteúdo de Hg total.

Quanto ao segundo grupo, a amostragem foi realizada em duas faculdades de Santarém, a saber: Faculdades Integradas do Tapajós (FIT) e Instituto Luterano de Ensino Superior (ILES). No mês de maio de 1997, 22 pessoas responderam ao questionário socioeconômico acima citado, concedendo igualmente amostras de cabelo, as quais foram coletadas e acondicionadas conforme procedimento acima descrito, sendo posteriormente levadas ao laboratório para execução das análises.

Para a análise do conteúdo de Hg, amostras de cabelo com 13 mg de peso seco foram digeridas, visando degradar e liberar todo o Hg presente na amostra, com ácido clorídrico (HCl, 6N), ácido nítrico (HNO₃) e sulfúrico (H₂SO₄) concentrados. A digestão deu-se em placa quente a 100° C durante duas horas.

Em relação aos peixes, a amostragem das espécies consumidas pelo grupo Mapiri foi realizada através de pesca experimental nos lagos Juá e Mapiri, onde foram coletados 31 exemplares incluindo as espécies Tucunaré (*Cichla temensis*), Caratinga (*Geophagus surinamensis*), Charuto (*Anodus elongatus*), Branquinha (*Curimata amazonica*), Pacu (*Mylesinus schomburgki*), e Aracu (*Shizodon vittatum*). No campo, os indivíduos foram medidos e pesados assim como procedeu-se a identifi-

cação sexual dos mesmos. Finalmente amostras de músculo foram retiradas da região dorsal de cada peixe, acondicionadas em sacos plásticos e congeladas até o momento das análises.

Quanto aos peixes consumidos pelo grupo de universitários, 30 amostras foram compradas no mercado geral de Santarém, compreendendo as espécies Tucunaré (*Cichla temensis*), Caratinga (*Geophagus surinamensis*), Pacu (*Mylesinus schomburgki*), Curimata (*Prochilodus nigricans*) e Jaraqui (*Semaprochilodus spp.*). Os procedimentos de medida e pesagem assim como a identificação sexual foram realizados em laboratório, após o que retiraram-se amostras de músculo da região dorsal e, em seguida, procedeu-se como descrito acima. O critério utilizado para a escolha das espécies de peixe, desse estudo, foi orientado pelas informações concedidas nos questionários socioeconômicos aplicados na primeira fase. Assim, consideraram-se as espécies mais consumidas pelos dois grupos humanos, o que justifica a presença de espécies diferentes quando comparam-se os dois grupos.

No laboratório, alíquotas com 130 mg de peso úmido foram digeridas com HNO₃ e HCl (6N) a uma temperatura de 120° C durante 6 horas, em duplicata. Após os procedimentos de digestão química, as amostras eram então deixadas esfriar em temperatura ambiente, diluídas em água ultrapura e depois analisadas por Espectrometria de Fluorescência Atômica com a técnica do vapor frio. Exercícios de intercalibração utilizando-se amostras de cabelo foram realizados com o Laboratório da Cátedra de Pesquisa em Meio Ambiente da Universidade de Quebec em Montreal (UQAM), assim como a análise de padrões de referência a fim de garantir a qualidade analítica dos resultados.

RESULTADOS

Informações sócio-demográficas dos grupos estudados são apresentadas na Tabela 1. De acordo com os dados socioeconômicos relativos ao grupo Ma-

piri, 75% dos participantes encontram-se em idade irregular na escola (atrasados); 63.6% são estudantes, entretanto desenvolvem seus estudos em condições precárias e com atividades diurnas sempre que possível; 72.7% vivem em humildes casas de madei-

Tabela 1: Informações sócio-demográficas relativas aos grupos Mapiri e Universitário, município de Santarém, 1997.

Informações	Mapiri		Universitário			
	n	%	n	%		
<i>Sexo</i>						
Mulheres	10	45,5	11	50,0		
Homens	12	54,5	11	50,0		
<i>Ocupação</i>						
Estudante	14	63,6	20	90,9		
Doméstica	4	18,2	-	-		
Marítimo	1	4,5	-	-		
Pedreiro	1	4,5	-	-		
Vendedora	1	4,5	-	-		
Marceneiro	1	4,5	-	-		
Func. Pública	-	-	1	4,5		
Arquiteta	-	-	1	4,5		
<i>Moradia</i>						
Madeira	16	72,7	2	9,1		
Alvenaria	6	27,3	17	77,3		
Apartamento	-	-	3	13,6		
<i>Família</i>						
≥ 5 membros	19	86,4	14	63,6		
< 5 membros	3	13,6	8	36,4		
<i>Renda Mensal</i>						
≤ 5 salários mínimos	22	100,0	6	27,3		
6-10 salários mínimos	-	-	2	9,1		
> 10 salários mínimos	-	-	13	59,1		
<i>Assistência de Saúde</i>						
Sistema público	22	100,0	9	40,9		
Plano particular	-	-	13	59,1		
<i>Consumo semanal de peixe</i>						
≤ 3 vezes	17	77,3	22	100,0		
> 3 vezes	5	22,7	-	-		
	média ± dp	mediana	faixa	média ± dp	mediana	faixa
Hg total (µg/g) n=22	3.1 ± 3.1	2.4	0.6 - 15.2	0.8 ± 0.4	0.8	0.08 - 1.9
Idade (anos) n=22	20,4 ± 2,9	19	17-25	22,7 ± 1,5	23	20-25
Escolaridade (anos) n=22	7,9 ± 2,3	?	4-11	14,6 ± 0,9	15	13-16

ra; 86.4% pertencem a famílias cujo número de membros é igual ou superior a cinco e cuja renda mensal é em média 2.4 salários mínimos; quanto ao tipo de assistência de saúde, 100% dos participantes depende do sistema público de atendimento médico. No que se refere ao grupo de universitários, 91% dos participantes encontram-se em idade adequada nos estudos e desenvolvem suas atividades acadêmicas em condições favoráveis a um bom desempenho; em termos de moradia 77.3% vivem em boas casas de alvenaria, 13.6% moram em confortáveis apartamentos e apenas 9.1% habitam em casas de madeira; 77% dos participantes pertencem a famílias cujo número de membros é igual ou inferior a 6; 27% das famílias possuem renda mensal entre 10 e 15 salários mínimos e 41% renda superior a 15 salários mínimos; no que tange a assistência de saúde, 59% das famílias possuem plano particular de assistência médica, odontológica e hospitalar.

As concentrações de Hg total detectadas nos cabelos dos participantes dos grupos Mapiri e Universitários são apresentadas na Figura 1. No grupo Mapiri, as concentrações variaram entre o valor mínimo de 0.6 $\mu\text{g/g}$ e o máximo de 15.2 $\mu\text{g/g}$ (3.1 ± 3.1); nesta amostra, o número médio de refeições de peixe foi de treze vezes por

mês. Também se observou uma diferença de concentração de Hg entre homens e mulheres, em que os homens apresentaram concentração maior em relação às mulheres (3.8 ± 3.9 vs 2.3 ± 1.5); entretanto esta diferença não é significativa (Mann-Whitney U, $p > 0.05$). Quanto ao grupo de universitários, detectaram-se concentrações de Hg total no cabelo, variando entre 0.08 $\mu\text{g/g}$ e 1.9 $\mu\text{g/g}$ (0.8 ± 0.4). O número médio de refeições de peixe neste grupo foi bem inferior ao grupo Mapiri, ou seja, duas vezes por mês. Neste grupo não foram observadas diferenças de concentração entre homens e mulheres. Além disso, análises de correlação mostram que, somente no grupo Mapiri, as concentrações de Hg total nos cabelos são associadas à frequência de consumo de peixes, indicando assim a importância de tal frequência para a exposição deste grupo (Mapiri: Spearman, $r = 0.89$; $p < 0.0001$ Vs. Universitários: Spearman, $r = 0.008$; $p = 0.97$).

As Tabelas 2 e 3 apresentam estatísticas descritivas das análises referentes aos peixes consumidos pelos moradores do Mapiri e Universitários, respectivamente. Observou-se uma correlação positiva e estatisticamente significativa entre o comprimento dos peixes e seus níveis de Hg,

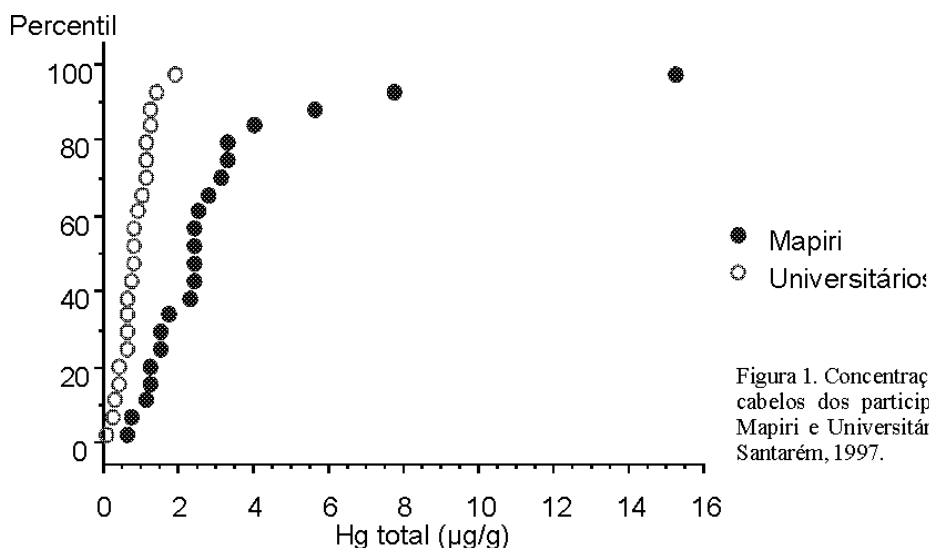


Figura 1. Concentrações de Hg total em cabelos dos participantes dos grupos Mapiri e Universitários, município de Santarém, 1997.

Tabela 2: Estatísticas descritivas dos parâmetros medidos nos peixes consumidos pelo grupo Mapiri, município de Santarém, 1997.

Espécies	Hábito alimentar*	Massa (g) (média ± DP)	Comprimento (cm) (média ± DP)	Hg total (µg/g) (média ± DP)	n
Tucunaré	c	298 ± 348	28.1 ± 7.8	0.2 ± 0.1	6
Caratinga	n-c	61.4 ± 41.4	17.6 ± 3.5	0.04 ± 0.03	7
Charuto	n-c	94 ± 5.5	21.9 ± 1.1	0.04 ± 0.04	5
Branquinha	n-c	36.6 ± 20.6	14.7 ± 2.1	0.04 ± 0.03	7
Aracu	n-c	63.3 ± 25.2	17.5 ± 5.3	0.06 ± 0.05	3
Pacu	n-c	98.3 ± 2.9	27.7 ± 0.6	0.1 ± 0.1	3
Total	-	110.7 ± 172.6	20.6 ± 6.6	0.1 ± 0.08	31

* c = carnívoro n-c = não-carnívoro

Tabela 3: Estatísticas descritivas dos parâmetros medidos nos peixes consumidos pelo grupo dos universitários, município de Santarém, 1997.

Espécies	Hábito alimentar*	Massa (g) (média ± DP)	Comprimento (cm) (média ± DP)	Hg total (µg/g) (média ± DP)	n
Tucunaré	c	481.7 ± 90.6	33.8 ± 1.7	0.31 ± 0.23	6
Curimata	n-c	383.3 ± 72.8	30.7 ± 1.6	0.06 ± 0.04	6
Caratinga	n-c	146.7 ± 24.2	20 ± 1.1	0.03 ± 0.02	6
Pacu	n-c	151.7 ± 29.9	19.7 ± 2.0	0.03 ± 0.02	6
Jaraqui	n-c	193.3 ± 12.1	25.0 ± 1.1	0.05 ± 0.04	6
Total	-	271.3 ± 147.6	25.8 ± 5.9	0.1 ± 0.1	30

* c = carnívoro n-c = não-carnívoro

tanto no grupo Mapiri (Spearman, $r = 0.7$; $p < 0.01$) quanto no grupo Universitário (Spearman, $r = 0.5$; $p = 0.01$).

DISCUSSÃO

No presente estudo observam-se concentrações de Hg nos cabelos menores que em outros estudos realizados na região. Em Ponta de Pedras, uma pequena vila localizada aproximadamente 30 km rio acima de Santarém, encontrou-se concentração média de 11.6 µg Hg/g de cabelo (Lebel et al., 1996); em Brasília Legal, 550 km rio acima de Santarém, encontrou-se concentração média de 16.4 µg/g (Lebel et al., 1996). Nossos resultados são semelhantes a Malm et al. (1995) que encontraram em torno de 2.7 µg/g na região de Santarém, provavelmente devido ao menor consumo de peixe em relação às outras comunidades acima citadas. Na amostra da presente pesquisa, observa-se uma diferença de concentração média estatisticamente significativa entre os dois grupos humanos estudados (Mann-

Whitney U, $p < 0,0001$), sendo que o grupo Mapiri apresenta concentração média de Hg no cabelo superior à média do grupo Universitário.

Na abordagem do compartimento aquático observa-se que os peixes consumidos pelo grupo Universitário são significativamente maiores que os peixes consumidos pelo grupo Mapiri (Mann-Whitney U, $p < 0.01$), provavelmente devido ao fato de os primeiros serem adquiridos no mercado, apresentando portanto tamanhos necessários à comercialização. Dentre as espécies estudadas, o Tucunaré destaca-se em termos de concentração de Hg (média = 0.2 ± 0.08 , Mapiri; 0.3 ± 0.2 , Universitários), o que pode ser explicado por se tratar de uma espécie predadora (Figura 2). A maior concentração de Hg em peixes predadores reflete a biomagnificação desse metal pesado nas cadeias alimentares. Assim, os predadores no final da cadeia tendem a ter concentrações maiores que os não-predadores, os quais situam-se mais próximos do início das cadeias alimentares. Parte da biomagnificação parece ocorrer porque, em

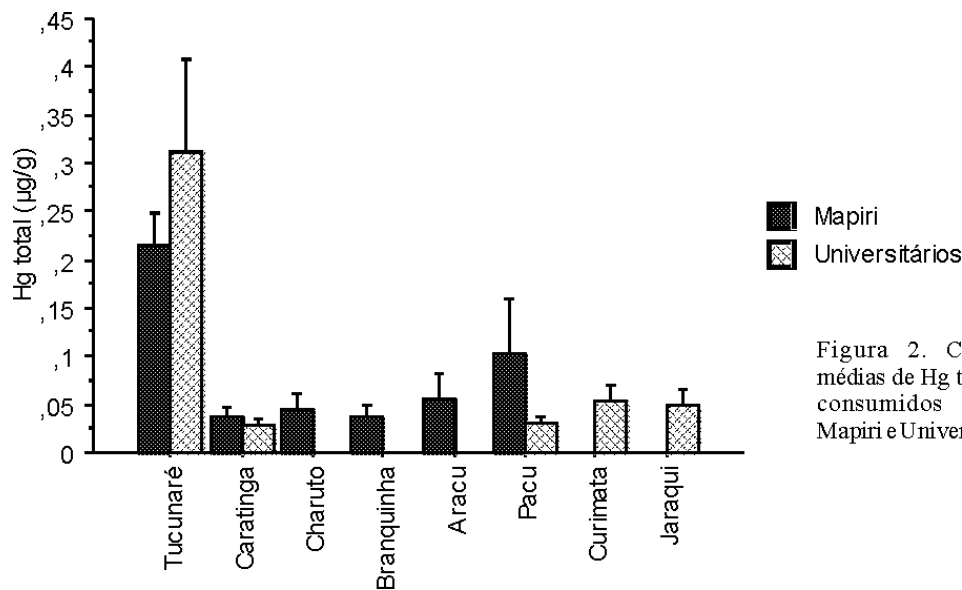


Figura 2. Concentrações médias de Hg total nos peixes consumidos pelos grupos Mapiri e Univers.

geral, os predadores têm um tempo de vida mais longo, acumulando mais Hg em seus corpos que suas presas (Williams & Weiss, 1973). O valor médio de concentração de Hg das espécies de peixes aqui estudadas ($0.1 \mu\text{g/g}$ em ambos os grupos), mostrou-se abaixo do nível crítico permitido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para consumo humano, isto é, $0.5 \mu\text{g/g}$ (Brasil, 1975).

Apesar dos resultados mostrarem que, em média, os participantes do presente estudo estão menos expostos ao Hg do que ribeirinhos que vivem em Ponta de Pedras ou Brasília Legal (Lebel et al., 1996), as pessoas jovens que apresentam mais que $6 \mu\text{g Hg/g}$ de cabelo podem vir a desenvolver, em uma exposição de longo prazo, disfunções neurológicas e citogenéticas (Lebel et al., 1998; Dolbec et al., 2000; Amorim et al., 2000). Quanto ao status, no grupo Mapiri trata-se de pessoas pertencentes a uma comunidade cujo nível social e econômico apresenta-se baixo; essas pessoas usam peixe como fonte de proteínas, lipídeos e outros nutrientes muito frequentemente por ser barato e muitas vezes gratuito, visto que elas mesmas podem adquiri-lo através da pesca. Por outro lado, no grupo Universitário encontram-se pessoas pertencentes

a famílias cuja situação socioeconômica mostra-se suficientemente boa, capaz de proporcionar educação, moradia e saúde de qualidade, além de um regime alimentar bastante diversificado, tendo como reflexo um consumo de peixe mais baixo em relação ao grupo Mapiri. Desse modo, as pessoas de baixo nível socioeconômico correspondem ao grupo de exposição mais forte ao Hg através do consumo de peixe e, conseqüentemente, tais pessoas são, a princípio, mais suscetíveis a adquirir problemas neurológicos e deterioração genética em longo prazo.

Os resultados aqui apresentados para os lagos Juá/Mapiri assim como para o mercado geral mostram que, embora em média os peixes não estejam contaminados a níveis preocupantes de Hg, um consumo elevado de tais peixes pode vir a representar uma exposição preocupante, como observado em alguns participantes do grupo Mapiri. Finalmente, comparando-se o valor médio da concentração de Hg nos peixes dos lagos com a média dos peixes do mercado, observa-se que são rigorosamente iguais ($0.1 \mu\text{g/g}$). Isso nos leva a acreditar que a diferença de concentração média de Hg encontrada entre os dois grupos humanos não é devida a

diferenças de Hg nos peixes consumidos por esses grupos, mas sim devido ao maior consumo de peixe no grupo Mapiri, o que, por sua vez, é fortemente influenciado pelas condições socioeconômicas desse grupo. Os achados do presente estudo indicam que condições socioeconômicas desempenham um importante papel na determinação dos níveis de exposição ao Hg na população de Santarém, sugerindo portanto que tais condições podem influenciar o estado geral de saúde e bem-estar de populações locais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a população do bairro do Mapiri por sua valiosa participação e contribuição nesta pesquisa. Da mesma forma, queremos agradecer os estudantes do Instituto Luterano de Ensino Superior de Santarém (ILES) assim como aqueles das Faculdades Integradas do Tapajós (FIT), por sua participação. Somos gratos ao Programa de Iniciação à Pesquisa (PIPES) da Universidade Federal do Pará, bem como ao Centro de Pesquisas para o Desenvolvimento Internacional (CRDI) do Canadá, pelo apoio financeiro concedido para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, M.I.M.; MERGLER, D.; BAHIA, M.O.; DUBEAU, H.; MIRANDA, D.; LEBEL, J.; BURBANO, R.R.; LUCOTTE, M. Cytogenetic damage related to low levels of methyl mercury contamination in the Brazilian Amazon. *An. Acad. Bras. Ci.*, **72**(4): 497-507, 2000.
- BOISCHIO, A.A.P.; HENSHEL, D.; BARBOSA, A.C. Mercury exposure through fish consumption by the Upper Madeira River population, Brazil – 1991. *Ecosystem Health*, **1**: 177-192, 1995.
- BRASIL. 1975. Ministério da Saúde. *Resolução no 18.175 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos*. Diário Oficial da União, 9 de dezembro de 1975.
- CLEARY, D. *Anatomy of the Amazon Gold Rush*. University of Iowa Press, Iowa City. 1990.
- DOLBEC, J.; MERGLER, D.; SOUSA PASSOS, C.J.; MORAIS, S.S.; LEBEL, J. Methylmercury affects motor performance in an Amazonian riverine population. *Int Arch Occup Environ Health*, **73**: 195-203, 2000.
- DOLBEC, J.; MERGLER, D.; LARRIBE, F.; ROULET, M.; LEBEL, J.; LUCOTTE, M. Sequential Analysis of Hair Mercury Levels in Relation to Fish Diet of an Amazonian Population, Brazil. *Sci Total Environ*, **271**: 87-97, 2001.
- FARELLA, N.; LUCOTTE, M.; LOUCHOUARN, P.; ROULET, M. Deforestation modifying terrestrial organic transport in the Rio Tapajós, Brazilian Amazon. *Organic Geochemistry*, **32**: 1443-1458, 2001.
- LEBEL, J.; MERGLER, D.; LUCOTTE, M.; AMORIM, M.; DOLBEC, J.; MIRANDA, D.; ARANTES, G.; RHEAULT, I.; PICHET, P. Evidence of early nervous system dysfunctions in Amazonian populations exposed to low-level of methylmercury. *Neurotoxicology*, **17**(1): 157-168, 1996.
- LEBEL, J.; ROULET, M.; MERGLER, D.; LUCOTTE, M.; LARRIBE, F. Fish Diet and Mercury Exposure in a Riparian Amazonian Population. *Water Air Soil Pollut*, **97**: 31-44, 1997.
- LEBEL, J.; MERGLER, D.; BRANCHES, F.; LUCOTTE, M.; AMORIM, M.; LARRIBE, F.; DOLBEC, J. Neurotoxic effects of low-level methylmercury contamination in the Amazonian Basin. *Environ Res*, **79**: 20-32, 1998.
- MALM, O.; PFEIFFER, W.C.; SOUZA, C.M.M.; REUTHER, R. Mercury pollution due to gold mining in the Madeira River basin, Brazil. *Ambio*, **19**: 11-15, 1990.
- MALM, O.; BRANCHES, F.J.P.; AKAGI, H.; CASTRO, M.B.; PFEIFFER, W.C.; HARADA, M.; BASTOS, W.R.; KATO, H. Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajós river basin, Brazil. *Sci. Total. Environ*, **175**: 141-150, 1995.
- MARTINELLI, L.A.; FERREIRA, J.R.; FORSBERG, B.R.; VICTOR, R.L. Mercury contamination in the Amazon: a gold rush consequence. *Ambio*, **17**: 252-254, 1988.
- MISHRA, G.; BALL, K.; ARBUCKLE, J.; CRAWFORD, D. Dietary patterns of Australian adults and their association with socioeconomic status: results from the 1995 National Nutrition Survey. *European Journal of Clinical Nutrition*, **56**: 687-693, 2002.

- PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D.; SALOMONS, W.; MALM, O. Environmental fate of mercury from gold mining in the Brazilian Amazon. *Environ Review*, **1**: 26-37, 1993.
- PFEIFFER, W.C.; MALM, O; SOUZA, C.M.M.; LACERDA, L.D.; SILVEIRA, E.J.; BASTOS, W.R. Mercury in the Madeira River ecosystem, Rondônia, Brazil. *For Ecol Manage*, **38**: 239-245, 1991.
- ROULET, M.; LUCOTTE, M.; CANUEL, R.; RHEALTH, I.; TRAN, S.; FREITAS GOCH, Y.; FARELLA, N.; SOUZA DO VALE, R.; SOUSA PASSOS, C.J.; JESUS DA SILVA, E.; MERGLER, D.; AMORIM, M. Dissolved and particulate mercury in the Tapajós River Basin, Brazilian Amazon. *Sci Total Environ*, **213**: 203-211, 1998.
- ROULET, M.; LUCOTTE, M.; FARELLA, N.; SERIQUE, G; COELHO, H.; SOUSA PASSOS, C.J.; JESUS DA SILVA, E.; SCAVONE DE ANDRADE, P.; MEGLER, D.; GUIMARÃES, J.R.D.; AMORIM, M. Effects of recent human colonization on the presence of mercury in Amazonian ecosystems. *Water Air Soil Pollut*, **112**: 297-313, 1999.
- WILLIAMS, P.M. & WEISS, H.V. Mercury in the marine environment: concentration in sea water and in pelagic food chain. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 30: 293-295. In: Watras, C.J. 1992. Mercury and Methylmercury in individual zooplankton: Implications for bioaccumulation. *Limnol Oceanogr*, **37** (6): 1313-1318, 1973.