



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE MEDICINA TROPICAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOENÇAS TROPICAIS

ALEXANDRE RODRIGO BATISTA DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO DA SENSÇÃO POSICIONAL DE ARTICULAÇÕES DOS
MEMBROS SUPERIORES EM SUJEITOS EXPOSTOS CRONICAMENTE AO
METILMERCÚRIO

SANTARÉM-PA

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE MEDICINA TROPICAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOENÇAS TROPICAIS

ALEXANDRE RODRIGO BATISTA DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO DA SENSAÇÃO POSICIONAL DE ARTICULAÇÕES DOS
MEMBROS SUPERIORES EM SUJEITOS EXPOSTOS CRONICAMENTE AO
METILMERCÚRIO

Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Doenças Tropicais da Universidade Federal do Pará como requisito parcial para obtenção do título de doutor.

Orientador: Prof. Dr. Givago da Silva Souza

SANTARÉM-PA

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE MEDICINA TROPICAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOENÇAS TROPICAIS

ALEXANDRE RODRIGO BATISTA DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO DA SENSAÇÃO POSICIONAL DE ARTICULAÇÕES DOS
MEMBROS SUPERIORES EM SUJEITOS EXPOSTOS CRONICAMENTE AO
METILMERCÚRIO

Tese de Doutorado apresentada para obtenção do título de Doutor em Doenças Tropicais.
Aprovada em: 29/11/2014

Banca Examinadora

Prof. Dr. Givago da Silva Souza
Orientador - NMT/UFPA

Profa. Dra. Luisa Carício Martins
Membro – NMT/UFPA

Prof. Dr. Juarez Antônio Simões Quaresma
Membro – NMT/ UFPA

Profa. Dra. Helen Thais Fuzii
Membro – NMT/UFPA

Profa. Dra. Tereza Cristina de Oliveira Corvelo
Membro – NMT/UFPA

EPÍGRAFE

“Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porém, há os que lutam toda a vida.
Esses são os imprescindíveis.”

Bertold Brecht

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Flávio e Solange por tudo que sou e que me tornei. Aos meus irmãos Kleber e Flávia, que mesmo a distância torceram por mim em cada passo nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pelo conforto nas horas difíceis;

Ao meu orientador Prof. Dr. Givago da Silva Souza por me dar um rumo quando tudo parecia fora do eixo.

A Thais Fonseca por aguentar durante todos esses anos as minhas rabugentices, principalmente nesse período;

Aos professores que compartilharam seu conhecimento conosco e que de alguma forma também são donos dessa obra;

Aos amigos da turma do doutorado que também de alguma forma ajudaram a concretização desse trabalho;

E a todos que direta ou indiretamente participaram da construção e conclusão de mais essa etapa.

Obrigado !!

RESUMO

A exposição ao mercúrio em algumas bacias hidrográficas da Amazônia tem caráter crônico e de intensidade leve a moderada. Comunidades da bacia do Rio Tapajós têm sido monitoradas quanto aos níveis de mercúrio no cabelo ao longo dos últimos 20 anos e observou-se que a concentração de mercúrio no cabelo dessas pessoas apresenta níveis altos quando comparados com outras regiões ribeirinhas sem atividade garimpeira próxima. Nos acidentes acontecidos em Minamata no Japão, um dos sintomas mais comuns foi a perda da função somestésica. A propriocepção é uma função somestésica que pode ser usada para monitorar os efeitos da exposição prolongada ao mercúrio nas populações. Este trabalho objetiva estudar a sensação posicional de articulações do membro superior de sujeitos expostos cronicamente ao mercúrio e com níveis altos nos últimos 3 anos e comparar os resultados desta avaliação com aqueles obtidos em populações com menor exposição ao metilmercúrio. Cinquenta e sete voluntários aceitaram participar deste estudo, sendo que 23 sujeitos pertenceram ao grupo exposto cronicamente ao mercúrio da comunidade de Barreiras e 34 sujeitos pertenceram ao grupo com menor exposição ao mercúrio da comunidade de Alter do Chão. Cada sujeito teve as sensações posicionais das articulações do ombro, cotovelo e punho avaliadas por 3 vezes nas condições de olho aberto e fechado. A avaliação consistiu em ensinar o sujeito a movimentar um segmento do membro superior (antebraço, braço ou mão) a partir de uma posição neutra até uma posição articular alvo. Cada vez que o sujeito terminava o movimento era fotografada a posição final com câmera fotográfica digital de alta resolução espacial e temporal. Para calcular a amplitude articular ao fim do movimento foi usado o programa KINOVEA[®], no qual permite abrir a foto e usar uma ferramenta digital para medir a angulação entre o segmento proximal e distal da articulação em questão. Os valores de amplitude articular médio para a condição de olho aberto foram estatisticamente maiores no grupo exposto que no grupo controle em todas as articulações, enquanto para a condição de olho fechado os valores do grupo exposto foi estatisticamente menor que no grupo controle apenas na articulação do punho. Não houve diferença estatística para a diferença relativa dos valores angulares de posicionamento articular entre os grupos estudados em todas as articulações estudadas. O grupo exposto apresentou menor coeficiente de variação para a condição de teste com o olho aberto nas articulações do punho e cotovelo. O grupo exposto apresentou maior coeficiente de variação para a condição de teste com o olho fechado apenas na articulação do punho. Os

valores de diferença angular foram sequencialmente maiores das articulações proximais para a articulação distal no grupo exposto, no entanto no grupo controle a diferença angular foi semelhante em todas as articulações. Os sujeitos cronicamente expostos ao mercúrio apresentaram leves alterações de sensação da posição articular quando comparadas com um grupo controle. A avaliação proprioceptiva pode ser uma ferramenta barata para a avaliação dos efeitos do mercúrio sobre a saúde de populações ribeirinhas expostas ao metal.

Palavras-chave: Somestesia, Sensação posicional, Mercúrio, Amazônia.

ABSTRACT

The Exposure of mercury in some watersheds in the Amazon has chronic character and a mild and moderate intensity. Communities of the basin in the Tapajos River has been monitored about the levels of mercury in the hair over the past 20 years and it was observed that the concentration of mercury in the hair of these people has high levels when compared with other riparian regions, without gold mining activities. In accidents occurred on Minamata in Japan, one of the most common symptoms was the loss of the somesthetic function. Proprioception is a somesthetic function that can be used to monitor the effects of prolonged exposure to mercury in populations. This work aims to study the sensation of positional joints of upper limb of subjects chronically exposed to mercury and with high levels in the last 3 years and compare the results of this assessment with those obtained in populations with less exposure to methylmercury. Fifty-seven volunteers have agreed to participate in this study, 23 of which belonged to group subjects chronically exposed to mercury from the community of barriers and 34 subjects belonged to the group with lower exposure to mercury from the community of Alter do Chão. Each subject had the positional sensations of joints of the shoulder, elbow and wrist evaluated by 3 times under conditions of open and closed eye. The evaluation consisted of teaching the subject to move a segment of the upper limb (forearm, hand or arm) from a neutral position to a position to articulate target. Each time the subject ended the movement was photographed the final position with digital photo camera of high resolution spatial and temporal. To calculate the articular amplitude at the end of the movement was used the program KINOVEA®, in which allows you to open the photo and use a digital tool to measure the angulation between the proximal and distal segment of the joint in question. Middle articular amplitude values for the open eye condition were statistically higher in the exposed group than in the control group in all the joints, while for the closed eye condition the values exposed group was statistically lower than in the control group only in the wrist joint. There was no statistical difference for the relative difference of angular joint positioning values between the study groups in all joints examined. The exposed group showed lower coefficient of variation for the test condition with the eye open in the joints of the wrist and elbow. The exposed group showed the highest coefficient of variation for the test condition with the eye closed only in the wrist joint. The angular difference values were sequentially higher proximal joints to the distal articulation in the exposed group, however in the control group the angular difference was similar in all the joints. The subjects chronically exposed to mercury showed slight alterations of the joint

position sensation when compared with a control group. Proprioceptive evaluation can be an inexpensive tool for the assessment of the effects of mercury on the health of coastal populations exposed to the metal.

Keywords: Somesthesia, positional, mercury, Amazon.

LISTA DE ABREVIATURAS

MeHg: metilmercúrio;

DMHg: dimetilmercúrio;

Hg⁰: mercúrio metálico;

Hg²⁺: mercúrio iônico

OMS: Organização Mundial da Saúde

SNC: Sistema Nervoso Central

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. O ciclo biogeoquímico do mercúrio. MeHg (metilmercúrio); DMHg (dimetilmercúrio); Hg ⁰ (mercúrio metálico); Hg ²⁺ (mercúrio iônico).....	24
Figura 2. Bacia do Rio Tapajós e níveis mercuriais encontrados na sua população. Fonte: BARBIERI-GARDON, 2009.....	25
Figura 3: Vias somestésicas	27
Figura 4. Articulações e ângulos que foram utilizados para a coleta de dados.....	35
Figura 5. Posicionamento do sujeito para a coleta de dados.....	36
Figura 6. Posição dos marcadores de referência para a coleta dos dados de sensação posicional.....	37
Figura 7. Posicionamento dos equipamentos utilizados na coleta de dados.....	38
Figura 8. Programa KINOVEA [®] utilizado para a aferição angular.....	39
Figura 9. Análise do erro posicional utilizando-se o programa KINOVEA [®]	40
Figura 10. Posicionamento angular nos indivíduos com os olhos aberto, nos moradores das comunidades de Barreiras e Alter do Chão localizadas às margens do rio Tapajós PA.	44
Figura 11. Posicionamento angular nos indivíduos com os olhos aberto, nos moradores das comunidades de Barreiras e Alter do Chão localizadas às margens do rio Tapajós PA.....	45
Figura 12. Posicionamento angular obtido pelos indivíduos com os olhos abertos.....	47
Figura 13. Posicionamento angular obtido pelos indivíduos com os olhos fechados.....	48

Figura 14. Diferença angular nos indivíduos com os olhos abertos e fechados.....	48
Figura 15. Coeficiente de variação nos indivíduos com os olhos abertos.....	49
Figura 16. Coeficiente de variação nos indivíduos com os olhos fechados.....	50
Figura 17. Razão entre os cocientes de variação nos indivíduos com os olhos abertos e olhos fechados.....	51
Figura 18. Diferenças angulares nas articulações do ombro, cotovelo e punho nos indivíduos de olhos abertos e olhos fechados. Razão entre os coeficientes de variação para os posicionamentos de olhos abertos e olhos fechados.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Faixas etárias dos moradores de duas comunidades às margens do rio Tapajós-PA.....	41
Tabela 2. Consumo semanal de peixe nos moradores de duas comunidades às margens do rio Tapajós – PA.....	42
Tabela 3. Valores angulares médios obtidos nos moradores de duas comunidades às margens do rio Tapajós-PA.....	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. JUSTIFICATIVA	17
3. OBJETIVOS	19
3.1 Objetivo Geral	19
3.2 Objetivos Específicos	19
4. REFERENCIAL TEÓRICO	20
4.1. Ação do mercúrio no organismo humano	20
4.1.2 Metilação do mercúrio	21
4.1.3 Mercúrio na Amazônia	23
4.2. Somestesia e exposição ao mercúrio	28
5. MATERIAL E MÉTODOS	30
6. RESULTADOS	42
7. DISCUSSÃO	53
8. CONCLUSÃO	57
APÊNDICE A	64
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	64
Questionário para coleta de dados	68

1. INTRODUÇÃO

Ao realizarmos nossas tarefas cotidianas somos constantemente levados a tomar decisões, das mais corriqueiras as mais complexas relacionadas a maneira como nos relacionamos com o ambiente que estamos inseridos, seja para alcançar um objeto em uma prateleira como atravessar a casa com as luzes apagadas. O que nos permite realizá-las de forma eficiente são informações trocadas entre receptores localizados pelo nosso corpo, que enviam constantemente informações ao nosso sistema nervoso central informando a posição do nosso corpo, bem como onde se encontram nossos membros no espaço, auxiliando os ajustes necessários para que os movimentos possam ser realizados de forma mais harmoniosa possível. Esse sistema que integra essas informações é conhecido como propriocepção, que juntamente com o tato, temperatura e dor formam o sistema somestésico. A propriocepção pode ser definida como a capacidade de um indivíduo em determinar a posição de seus segmentos corporais e movimentos no espaço, tendo como base sinais sensoriais advindos de receptores especializados localizados nos músculos, pele e articulações os quais são enviados constantemente para o cérebro.

O bom funcionamento desse sistema pode ser comprometido de diversas formas, dentre elas afecções relacionadas ao SNC, bem como nos nervos periféricos que quando instaladas fazem com que o sistema como um todo não trabalhe em harmonia. Dentre as patologias relacionadas ao sistema nervoso periférico podemos citar as neuropatias periféricas, podendo estas serem causadas por diversos motivos, dentre eles a exposição a contaminantes ambientais como é o caso do mercúrio. Em acidentes que levaram a grandes despejos de metilmercúrio no ambiente, como o que aconteceu em Minamata no Japão na década de 1950 e 1960, observou-se que a função sensorial mais comprometida era função somestésica. Em outros locais do mundo, o mercúrio é um

agente ambiental que preocupa os programas de saúde pública e tem sido o foco de pesquisas sobre os seus efeitos sobre a saúde de humanos. A Amazônia Paraense é um desses lugares. Durante os anos 70, devido à política de ocupação da Amazônia, houve a instalação de várias atividades capazes de liberar o mercúrio no meio ambiente, dentre elas destaca-se a garimpagem do ouro. Um dado importante é que a Bacia do rio Tapajós, no Estado do Pará, em 1980 era responsável por cerca de 50% do ouro produzido no Brasil, sendo que a maior concentração de garimpos localizava-se nos municípios de Itaituba e Jacareacanga (SANTOS *et al.*, 2003).

Após ser lançado na natureza, o mercúrio passa por um processo denominado de biotransformação e a partir disso passa a se chamar metilmercúrio, podendo nessa forma ingressar na cadeia alimentar. Este ingresso se dá através do acúmulo desse metal nos músculos de peixes que habitam regiões sujeitas à ação do mercúrio e atinge os seres humanos que possuem como base alimentar o consumo de pescados (AKAGI, 1996; ZACHI, 2005).

Devido a base alimentar dessas comunidades ser predominantemente formada de pescado, desde a década de 1990 essas populações têm sido monitoradas para se observar os níveis de contaminação, bem como manifestações que podem ocorrer devido a exposição prolongada.

Apesar de não se ter ainda identificadas alterações semelhantes às aquelas que foram descritas no Japão, já foram observadas perdas sensoriais e neurocomportamentais em populações ribeirinhas da bacia do Tapajós. A função somestésica foi pouco estudada nas populações ribeirinhas desta região sendo que foi restrita à avaliação somestésica tátil. Outras modalidades somestésicas como a propriocepção nunca foram avaliadas nestas populações.

2. JUSTIFICATIVA

Vale salientar que os estudos realizados na Amazônia sobre os efeitos que o Hg causa na população exposta, ainda apresentam lacunas (HACON *et al.*, 2009), o que demonstra a importância da realização de pesquisas nessa região, que envolvendo esse tema para um melhor esclarecimento desses efeitos. Veras (2009) afirma que os monitoramentos das condições de saúde de uma dada população, assim como os fatores associados a essas condições, constituem um elemento chave para a orientação de estratégias de prevenção, para que se possa assim, interferir favoravelmente na história natural da doença.

Atualmente os estudos realizados na região do Rio Tapajós tem demonstrado que os níveis de metilmercúrio encontrados em peixes predadores, apresentam concentrações superiores à de peixes não predadores dessa região. Exemplo disso é um estudo realizado por Arrifano (2011) onde se concluiu que a espécie *Brachyplatystoma flavicans* (Dourada) foi a que apresentou as maiores concentrações de metilmercúrio, ultrapassando inclusive em cinco vezes, o limite de segurança preconizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Também são encontrados que os níveis de mercúrio no Rio Tapajós ainda estão muito elevados, e quando a análise é com relação ao metilmercúrio, os níveis na espécie *Cichla spp.* (Tucunaré) são maiores do que os valores encontrados em 1998, concluindo assim, que houve um aumento dessas concentrações nesse intervalo de tempo.

Pesquisas em comunidades ribeirinhas da Amazônia têm revelado índices elevados de mercúrio total e de metilmercúrio em amostras de cabelo, mostrando assim a exposição permanente dos ribeirinhos residentes nessas comunidades a esse químico (BRABO *et al.*, 2000; PINHEIRO *et al.*, 2000a, b; SANTOS, E. *et al.*, 2000). Trazendo

para o nosso contexto na região do Tapajós, foram encontrados níveis de contaminação em cabelos acima de 10 $\mu\text{g/g}$, que é o limite estabelecido pela OMS (Organização Mundial da Saúde). Dentre as comunidades afetadas, temos o exemplo de Barreiras, onde a população apresenta concentrações de 11,75 $\mu\text{g/g}$ (PINHEIRO *et al.*, 2006).

Sendo assim, o presente estudo buscou estudar a somestesia de voluntários residentes em comunidades ribeirinhas cronicamente expostas ao mercúrio que tiveram pelo menos uma vez nos últimos 3 anos valores de concentração de mercúrio no cabelo acima dos níveis limites da OMS (10 $\mu\text{g/g}$) e comparamos o desempenho sensorial com sujeitos ribeirinhos de comunidades com menor exposição ao metal na mesma bacia hidrográfica. O teste sensorial usado foi o de sensação posicional de articulações dos membros inferiores. Este teste é de baixo custo e fácil aplicabilidade em locais remotos como as comunidades ribeirinhas estudadas e que se mostrar alterações causadas pela exposição crônica do mercúrio sobre a função sensorial pode servir como ferramenta de acompanhamento da saúde das populações expostas ao metal.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Comparar a sensação posicional de articulações do membro superior de indivíduos residentes em comunidades ribeirinhas na bacia do Rio Tapajós, Pará.

3.2 Objetivos Específicos

- Quantificar os níveis de mercúrio em amostras de cabelo de indivíduos residentes na comunidade de Barreiras e associados da colônia Z20;

- Avaliar a sensação posicional articular do ombro, cotovelo e punho dos indivíduos residentes na comunidade de Barreiras e nos associados da colônia Z20;

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Ação do mercúrio no organismo humano

O mercúrio (Hg) é um metal líquido pesado de cor branco-prateado, inodoro e de fácil volatilização. Este elemento possui efeitos deletérios sobre a população humana e causa danos importantes à saúde, sobretudo ao sistema nervoso central, comprometendo principalmente a função motora (CÂMARA *et al.*, 1997; GONÇALVES A.; GONÇALVES N., 2004; CRESPO-LOPÉZ *et al.*, 2005; SÁ *et al.*, 2006; PINHEIRO *et al.*, 2007; BERZAS-NEVADO *et al.*, 2010).

O metilmercúrio é o mais tóxico de todos compostos de mercúrio orgânico e se comparado com sua forma metálica essa proporção aumenta significativamente, sendo que a forma orgânica é responsável pelos danos mais importantes à saúde observados em humanos. Essa alta toxicidade é provavelmente ocasionada pelo fator lenta eliminação, sendo que no cérebro e rins, esta eliminação leva um tempo considerável podendo chegar até mesmo alguns anos (FARO, 2000).

O sistema nervoso central (SNC), especialmente o cérebro nos lobos temporais e o cerebelo são os que mais sofrem os danos provenientes da intoxicação por mercúrio (CARDOSO *et al.*, 2001; SANFELIU *et al.*, 2003; BAIRD; CANN, 2004; CRESPO-LÓPEZ *et al.*, 2005; CRESPO-LÓPEZ *et al.*, 2007).

Destacam-se os efeitos deletérios ao sistema nervoso central a: perda de coordenação motora, perda de equilíbrio, redução do campo visual, cegueira, alteração da fala; além dos efeitos teratogênicos como: microcefalia, danos motores e mentais (OLIVARES, 2003).

O metilmercúrio possui fácil penetração através das membranas biológicas, possui eficiente bioacumulação e é altamente estável, sendo de difícil eliminação dos tecidos (BAIRD; CANN, 2004; CRESPO-LÓPEZ *et al.*, 2005).

Deve-se lembrar de que a lipossolubilidade dos compostos organomercuriais através dos tecidos é outro fator que entra contribuindo para o aumento do seu potencial tóxico (MICARONI; BUENO; JARDIM, 2000; CRESPO-LOPÉZ *et al.*, 2007).

Estudos realizados em uma população ribeirinha da Bacia Amazônica, mais precisamente na localidade de Brasília Legal, exposta ao metilmercúrio, demonstra seus efeitos neurotóxicos. As funções visuais e motoras de tais indivíduos, avaliadas através de uma bateria de testes neurofuncionais sensíveis, demonstrou um decréscimo de tais funções em função de um aumento nos níveis de mercúrio presente no cabelo, sendo que estas manifestações se fizeram presentes com níveis de mercúrio abaixo de 50 $\mu\text{g/g}$. As funções motoras comprometidas são: destreza manual, alternância da coordenação manual e fadiga muscular; as alterações na função visual (redução do campo de visão) são um dos mais frequentes sinais relacionados à intoxicação pelo metilmercúrio (WHO, 1990; LEBEL *et al.*; 1996).

4.1.2 Metilação do mercúrio

A metilação do mercúrio, de forma simplificada, ocorre através da metilcobalamina (vitamina B₁₂) que pode estar disponível em quantidades razoáveis no ambiente, pelo fato de esta ser produzida tanto por bactérias aeróbias quanto anaeróbias que a utilizam como coenzima. Este composto é capaz de transferir o grupo metila para íon Hg²⁺ produzindo o metilmercúrio e o dimetilmercúrio (BISINOTI; JARDIM, 2004).

Entre as bactérias sensíveis ao metilmercúrio, tem-se: *Aerobacter aerogenes*, *Aeromonas*, *Bacillus megaterium*, *Candida albicans*, *Chromobacterium*, *Clostridium cochlearium*, *Clostridium thermoaceticum*, *Clostridium sticklandii*, *Enterobacter aerogenes*, *Escherichia coli*, *Klepsiella pneumoniae*, *Mycobacterium phlei*, *Pseudomonas sp.* e *Saccheromyces cerevisiae* (CHEMALY, 2002)

A formação de metilmercúrio pode ocorrer tanto em solos quanto sedimentos, a partir do substrato Hg^{2+} e Hg^0 e a metilação pode ocorrer tanto em condições aeróbias como anaeróbias, sendo dependente das características deste, como quantidade de matéria orgânica, presença de sulfeto, dentre outros (BISINOTI; JARDIM, 2004).

O estudo do comportamento do metilmercúrio no ambiente e seus mecanismos de metilação é bastante complexo, porém é de extrema importância para o entendimento do seu ciclo biogeoquímico, bem como para avaliar os efeitos tóxicos desse composto para a saúde humana e biota. Sabe-se que a principal rota de contaminação do homem por metilmercúrio ocorre através da ingestão de peixes contaminados. No Brasil a região Amazônica é a mais estudada e os valores de mercúrio total, em alguns casos, foram superiores aos permitidos pela legislação. Por outro lado, o mecanismo pelo qual o metilmercúrio entra na biota é pouco conhecido e varia para cada tipo de ambiente (BISINOTI; JARDIM, 2004).

Existe um universo de informações sobre os efeitos dos diversos metais sobre a biota, descritos na literatura internacional. É importante ressaltar que os ambientes pesquisados diferem bastante do ambiente Amazônico, devido as suas características bastante peculiares. Os diferentes tipos de água e os pulsos de inundações (cheias e várzeas) interferem diretamente na dinâmica e biodisponibilidade dos metais no ambiente natural (DOMINGOS, 2009).

4.1.3 Mercúrio na Amazônia

Desde a década de 70 com o rápido crescimento da exploração de ouro na Amazônia e com a utilização da técnica de amalgamação, que consiste na mistura de ouro com mercúrio para separação das impurezas, essa região vem sendo impactada com o despejo desse metal no ambiente (SANTOS *et al.*, 2003).

Na natureza ele é encontrado em três formas: mercúrio metálico, sais inorgânicos de mercúrio e mercúrio orgânico. O mercúrio lançado no ecossistema aquático da Amazônia provém de duas fontes principais: a mineração e lixiviação do solo. Outra fonte de mercúrio, cogitada por cientistas, são os incêndios florestais, pois estes lançariam na atmosfera o mercúrio presente na biomassa vegetal e nos solos, precipitando o aumento de sua concentração em regiões menos sujeitas a queimadas como margens de rios e igarapés (WASSERMAN, J.; HACON; WASSERMAN, M., 2001; LIMA; COLON; SOUZA, 2009).

Na atmosfera podem ser encontrados vapores de mercúrio na sua forma elementar ou orgânica, este quando atinge o solo pode sofrer o processo de metilação dando origem ao metilmercúrio e dimetilmercúrio. O mercúrio pode existir em várias formas químicas com diferentes propriedades. A transformação dessas formas no ambiente proporciona a base para o modelo de distribuição em ciclos locais e globais e seu enriquecimento biológico nos organismos (BISINOTI; JARDIM, 2004; FARIAS, 2006).

Quando os vapores de mercúrio, em sua forma inorgânica, atingem os sistemas aquáticos, por meio da precipitação em forma de chuva, este pode sofrer a ação de bactérias metanogênicas (bactérias que metabolizam metais); assim o mercúrio

inorgânico assume sua forma orgânica, este processo é denominado de biotransformação, e nessa forma pode ingressar na cadeia alimentar e chegar ao homem através da ingestão de alimentos contaminados (peixes) (CYPRIANO, 2009; BERZAS-NEVADO *et al.*, 2010).

O mercúrio sofre um processo, denominado de biomagnificação, que consiste em um aumento de sua concentração de acordo com avanço nos níveis tróficos da cadeia alimentar, assim o consumo de peixes, principalmente, é a via pela qual o mercúrio contamina os seres humanos (CRESPO-LÓPEZ *et al.*, 2005; SÁ *et al.*, 2006; PINHEIRO *et al.*, 2006; PINHEIRO *et al.*, 2007; BERZAS-NEVADO *et al.*, 2010).

O ciclo do mercúrio no ambiente Amazônico está simplificado na **Figura**

2.

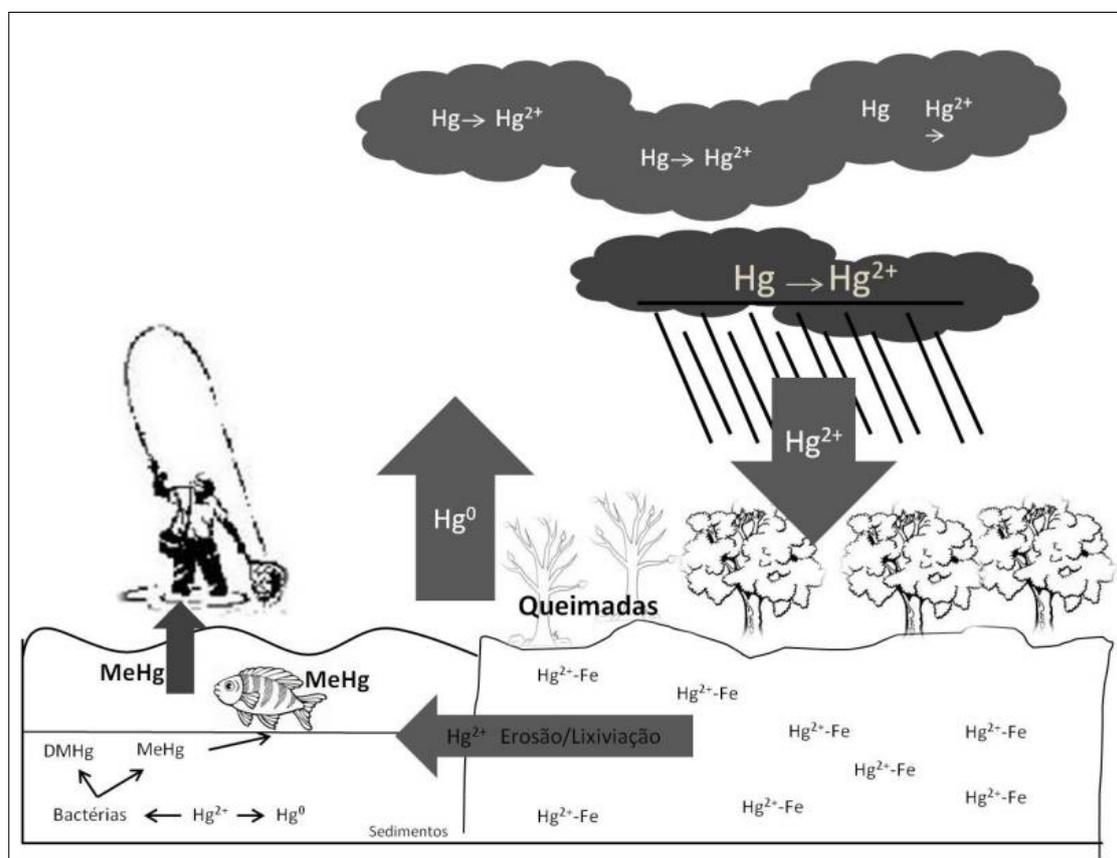


Figura 1. O ciclo biogeoquímico do mercúrio. MeHg (metilmercúrio); DMHg (dimetilmercúrio); Hg^0 (mercúrio metálico); Hg^{2+} (mercúrio iônico).

A epidemiologia da exposição ao mercúrio na Amazônia tem um capítulo especial na bacia do Rio Tapajós no estado do Pará. Durante as décadas de 1970 a 1990 toneladas de mercúrio foram despejados pela atividade mineradora de ouro e este mercúrio entrou na cadeia trófica do Rio Tapajós.

Foi demonstrado que quanto mais próximo das áreas de garimpo (nas proximidades da cidade de Jacareacanga) maiores eram as concentrações de mercúrio das populações ribeirinhas (figura 2).

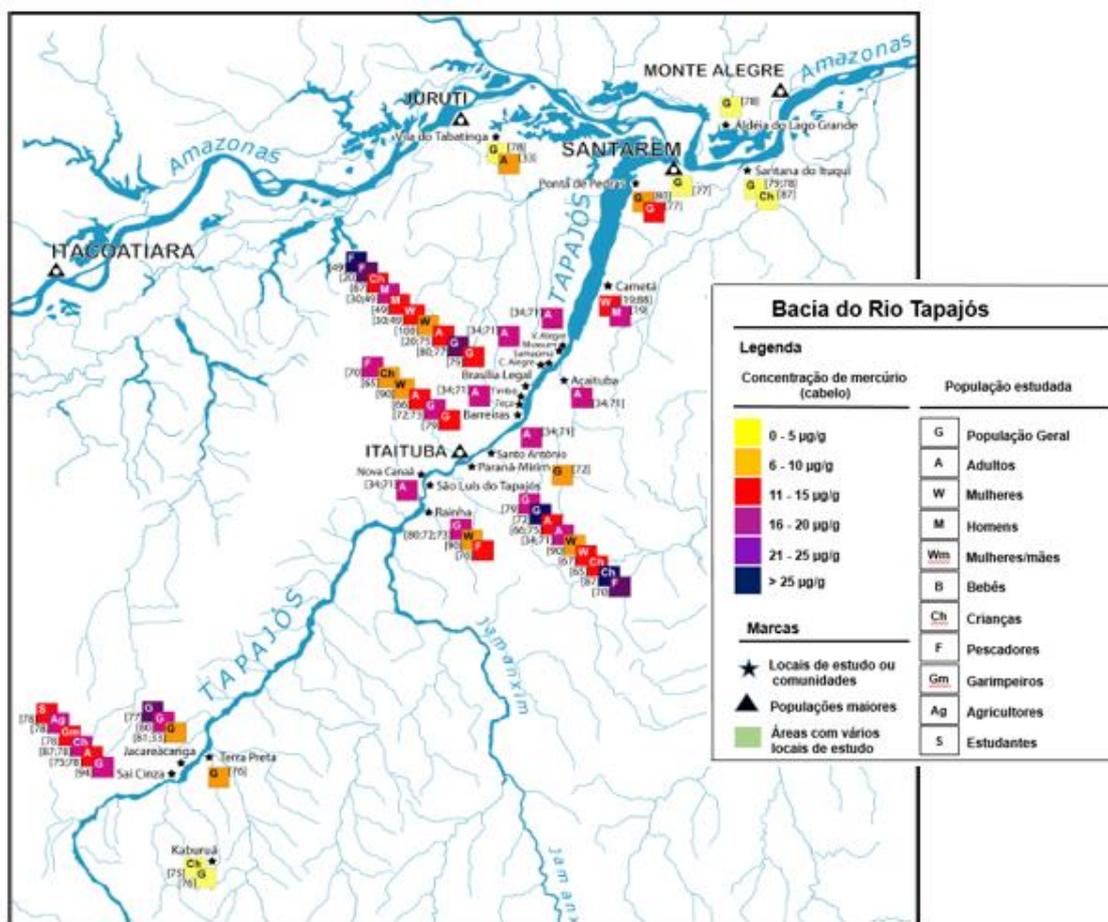


Figura 2. Bacia do Rio Tapajós e níveis mercuriais encontrados na sua população.

Fonte: BARBIERI-GARDON, 2009.

Os valores de mercúrio nas localidades, como a cidade de Santarém, próximas à foz do rio Tapajós apresentavam níveis de mercúrio no cabelo bem abaixo das regiões de garimpo (BARBIERI-GARDON, 2009). Os estudos também mostraram que população em geral, como mulheres em idade reprodutiva e crianças das comunidades ribeirinhas do Rio Tapajós poderiam apresentar valores de concentração de mercúrio acima dos níveis recomendados pela OMS (ESTECHA *et al*, 2014).

Apesar dessas populações não mostrarem um conjunto sindrômico característico de alterações clínicas específicas para a exposição mercúrio, já foram descritos vários achados de alterações sensório-motoras e neurocomportamentais nestas populações (LEBEL *et al*, 1998).

4.2. Sistema Somestésico

O sistema somestésico está envolvido com sensações do corpo, como pressão, temperatura, dor e posição corporal, respondendo a uma variedade de estímulos originados em muitas áreas do organismo.

Devido a essa necessidade de recebimento constante de informações o sistema somestésico utiliza muitos tipos de receptores associados a sensações específicas. As sensações somestésicas de estímulos associados à superfície do corpo exigem mecanoreceptores para detectar pressão força ou vibração; termoreceptores para detectar a temperatura da pele; nociceptores para detectar estímulos lesivos a tecidos e proprioceptores para identificar a posição do corpo (STANFIELD, C. L. (2013).

Vias Somestésicas

Duas vias principais transmitem informações de receptores somestésicos periféricos para o SNC: a via da coluna dorsal e do lemnisco medial, e o trato espinotalâmico (Figura). Essas vias transmitem diferentes tipos de informações sensoriais ao tálamo e, depois ao córtex somestésico primário (GUYTON & HALL, 2009).

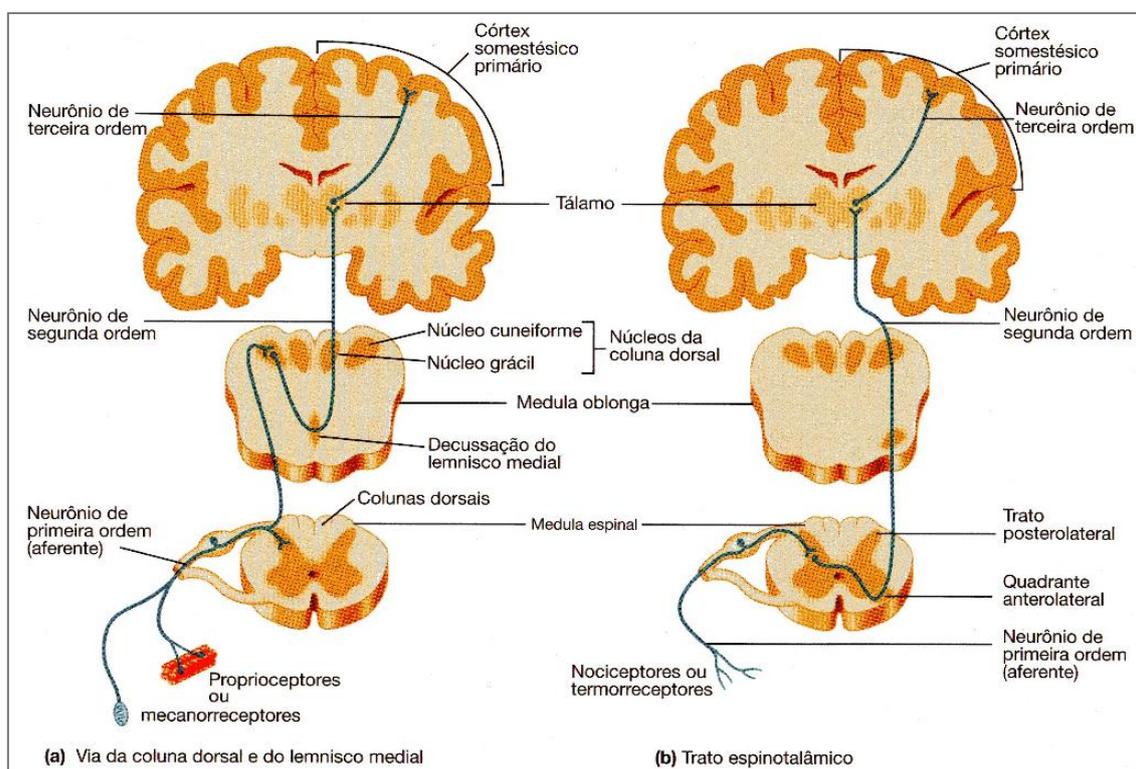


Figura 3: Vias somestésicas

Fonte: STANFIELD, C. L. (2013), pag. 309.

Nos dois casos, as vias adentram a medula espinhal em um lado e cruzam para o outro lado, antes de chegar no tálamo. Assim as informações somestésicas do lado direito do corpo são percebidas no córtex somestésico esquerdo e vice-versa.

A via da coluna dorsal e do lemnisco medial transmite ao tálamo informações provenientes de mecanoreceptores e proprioceptores; ela cruza para o outro lado do SNC na medula oblonga, onde os neurônios de primeira ordem se originam na periferia e adentram o corno dorsal da medula espinhal. Os neurônios de primeira ordem terminam nos núcleos da coluna dorsal da medula oblonga.

Então os neurônios de segunda ordem cruzam para o lado contralateral da medula, em um trato denominado lemnisco medial e, finalmente ascendem até o tálamo. No tálamo, os neurônios de segunda ordem estabelecem sinapse com neurônios de terceira ordem, que transmitem informações do tálamo ao córtex somestésico (ZAVARIZE,2014; STANFIELD,2013)

4.2.1. Somestesia e exposição ao mercúrio

No acidente ambiental de Minamata, Japão nos anos de 1950 e 1960 foi observado que um dos primeiros e mais importantes sintomas encontrados foi o surgimento de parestesias de lábios e extremidades (Uchino *et al.*, 1995; Harada, 1995), os quais eram posteriormente seguidos por alterações visuais, auditivas e motoras (Harada, 1995). Tsuda e Miyai (2001) mostrou que há maior risco do indivíduo apresentar alterações somestésicas em áreas expostas ao mercúrio que nas áreas não expostas. Vários estudos têm mostrado alterações somestésicas nas populações residentes próximas à bacia de Minamata em testes para avaliar a discriminação de dois pontos (Ninomiya *et al.*,

1995), textura de superfícies finas (Takaoka *et al.*, 2003; 2008), mínima sensação tátil, sensação vibracional e senso de posicionamento (Takaoka *et al.*, 2008).

Na Amazônia poucas foram as investigações sobre a função somatossensorial em comunidades expostas ao mercúrio (Khoury, 2012; Khoury et al., 2013). Khoury et al. (2013) mostrou que na avaliação neurológica convencional há pouca ou nenhuma alteração em sujeitos cronicamente expostos ao mercúrio. Khoury (2012) mostrou que a mínima sensação tátil, sensação vibracional e discriminação de dois pontos estavam diminuídas nas pessoas cronicamente expostas. Todas as modalidades somestésicas estudadas por Eliana Khoury eram da submodalidade tátil.

Uma das submodalidades somestésicas a ser estudada nas populações amazônicas com exposição ao mercúrio é a sensação posicional da articulação. A informação da sensação posicional da articulação é derivada dos receptores periféricos localizados na articulação (órgão tendinoso de Golgi), nos músculos (fusos musculares) e na pele (receptores cutâneos) (Burgess & Clark, 1969; Goodwin et al., 1972; Edin & Johansson, 1995; Collins et al., 2005). Entre as várias formas de se avaliar esta submodalidade somestésica é a de medir a angulação de segmentos corporais entre uma determinada articulação (GOBLE, 2010), capta-se a imagem do segmento com os olhos abertos e fechados e calcula-se o erro ocasionado pela falta da informação visual no posicionamento do membro (LI-WU, 2014). Este é um método relativamente barato e de fácil portabilidade.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Trata-se de um estudo epidemiológico transversal, analítico com grupo controle. O mesmo foi desenvolvido em duas regiões ribeirinhas distintas e localizadas na Bacia do rio Tapajós observados em um dado momento.

O estudo foi realizado na comunidade de Barreiras, localizada no médio Tapajós (grupo exposto) e na comunidade ribeirinha mais próxima do município de Santarém e que fizesse parte da colônia de pescadores Z20. Diante disso foi selecionada a comunidade de Alter do Chão, localizada a aproximadamente 35 km do município de Santarém (grupo controle).

5.2. AMOSTRAGEM

Cinquenta e sete voluntários aceitaram participar deste estudo, sendo que 23 sujeitos pertenceram ao grupo exposto cronicamente ao mercúrio da comunidade de Barreiras e 34 sujeitos pertenceram ao grupo com menor exposição ao mercúrio da comunidade de Alter do Chão.

Os dados referentes à região do médio Tapajós foram coletados na Comunidade de Barreiras. Os mesmos fazem parte de um banco de dados obtidos pelo Núcleo de Medicina Tropical / UFPA em visitas de rotina às comunidades respeitando-se todos os preceitos éticos que regem tais estudos.

Para a composição da amostra referente à região do baixo Tapajós participarão indivíduos membros da colônia de pescadores Z20, sendo utilizados devido á características semelhantes ás dos moradores da comunidade de Barreiras no que diz

respeito aos seus hábitos alimentares.

Após o conhecimento dos níveis de mercúrio dos sujeitos, os mesmos foram divididos em dois grupos (grupo controle e grupo exposto), conforme a seguir:

- Grupo exposto: moradores da comunidade de Barreiras.
- Grupo controle: moradores da comunidade de Alter do Chão.

A amostragem foi realizada por conveniência visto que somente entraram na seleção inicial aqueles que já eram acompanhados pelo Núcleo de Medicina Tropical da Universidade Federal do Pará (UFPA) e aqueles indivíduos associados à Colônia de Pescadores Z20.

5.2.1 Critérios de Inclusão

- Residiu nas comunidades há mais de 2 anos;
- Com idade maior ou igual a 18 anos

5.2.2 Critérios de exclusão

- Morbidade relacionada ao sistema nervoso central ou neuropatia periférica diagnosticada;
- Alguma disfunção osteomuscular que limitasse a amplitude de movimento nas articulações que seriam avaliadas;
- Déficit cognitivo que o impossibilitasse de responder os comandos que lhe seriam passados;
- Alopecia severa (ausência total de pelos), impossibilitando a coleta de cabelo para análise.

5.3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Após a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, a coleta dos dados foi realizada através dos procedimentos descritos abaixo:

Para a coleta das informações socioculturais e epidemiológicas dos indivíduos foram utilizadas as seguintes variáveis:

- Data da entrevista;
- Identificação: Comunidade e número de entrada na base de dados;
- Idade em anos;
- Sexo (masculino ou feminino);
- Estado conjugal;
- Tempo de residência na comunidade;
- Atividade laboral que desempenha;
- Escolaridade: classificada em analfabeto, alfabetizado por outro meio, primário completo ou incompleto, ginásio completo ou incompleto, colegial completo ou incompleto e outros;
- Quantos dias na semana consome peixe;
- Se o mesmo consome água do rio e em caso afirmativo se o mesmo possui algum dispositivo para a filtração da água;
- Morbidades prévias diagnosticadas.

5.3.1 Coleta do cabelo

Após o preenchimento do questionário foi realizada a coleta do cabelo do sujeito em diferentes regiões do couro cabeludo próximo a nuca sendo acondicionados em sacos limpos de papel e identificados. Para a coleta foi utilizada uma tesoura de aço inoxidável, previamente limpa com ácido nítrico (100%) e seca em estufa a por uma noite. Em seguida foi acondicionada em saco plástico incolor e limpo.

O procedimento descrito acima foi realizado previamente à realização do protocolo para que pudéssemos saber quem seria participante do estudo, visto que os mesmos foram divididos no grupo controle e grupo exposto de acordo com o resultado do mercúrio total encontrado.

5.3.2 Análise de mercúrio em amostras de cabelo

Após a pesagem de 20-30 mg de amostra de cabelo em um béquer, será lavado com detergente neutro e água destilada através de decantação, e lavado novamente com uma pequena quantidade de acetona para remover a água. A acetona residual será removida sob pressão reduzida. Transfere-se a amostra de cabelo para um frasco de 20 ml e corta-se o cabelo a fragmentos milimétricos (estado aproximado de pó) com tesoura de dissecação para preparo de uma amostra para análise.

As amostras submetidas à análise por um analisador de mercúrio (SP3D) seguiram as seguintes etapas:

- a) Após lavagem do cabelo em água destilada e acetona, as amostras foram colocadas para secar em capela de exaustão e, em seguida picotadas;
- b) os microfragmentos foram submetidos à análise de mercúrio-total através da espectrofotometria de absorção atômica com amalgamação em lâmina de ouro,

utilizando um detector de mercúrio automático o Mercury Analyzer, modelo SP3D (Nippon Corporation – Japão). Este equipamento é composto de duas partes: uma que decompõe as amostras analíticas pelo calor e outra que para determinação da quantidade. O espectro mostra a quantidade de mercúrio contida em peso (μg) e concentração de mercúrio em ppm (parte por milhão).

O controle da qualidade analítica foi avaliado pelo uso de padrão de mercúrio de referência internacional (Human Hair 085) da International Atomic Energy Agency (IAEA). Os resultados serão expressos em $\mu\text{g/g}$ e (ppm). Um exercício de intercalibração entre dois métodos de análise utilizando o Mercury Analyzer SP-3D-Nippon Corporation e Mercury Analyzer HG-201 (Sanso Seisakusho Co, Ltd., Tokyo, Japão) foi realizado nas amostras colhidas que as concentrações fossem obtidas de maneira compatível entre os dois laboratórios.

5.3.2 Avaliação da sensação posicional de articulações do membro superior

Para a avaliação da sensação posicional dos indivíduos foi utilizado o teste clínico “*The arm position matching test*” (LI & WU, 2014), comumente utilizado para medir a capacidade de um sujeito de perceber o posicionamento de seu membro posicionado pelo examinador. No final desse teste o examinador poderá determinar a precisão proprioceptiva do sujeito dependendo da variação exibida na replicação do movimento proposto.

As articulações selecionadas para a aplicação do teste bem como os ângulos que serviram de padrão para a realização dos movimentos (plano sagital) foram os seguintes:

- Ombro: Flexão (partindo de 0° e finalizando em 60°)
- Cotovelo: Flexão (partindo de 90° e finalizando em 135°)
- Punho: Flexão (partindo de 0° e finalizando em 40°)

A **Figura 4** mostra as articulações e os ângulos finais do movimento de cada articulação.

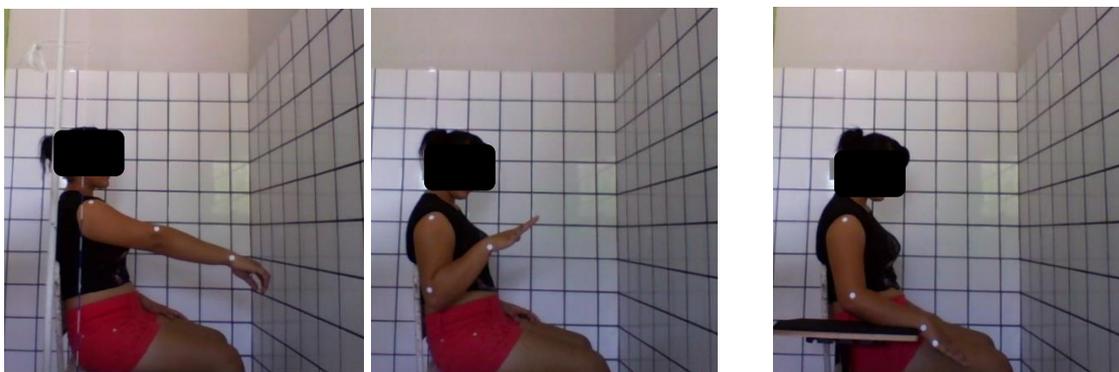


Figura 4. Articulações e ângulos finais de movimento que foram utilizados para a coleta de dados. Ombro à esquerda, cotovelo no centro e punho à direita.

Para a coleta dos dados o indivíduo ficou sentado de maneira confortável em uma cadeira ajustada à sua altura para que o mesmo pudesse receber os comandos adequadamente (**Figura 4**). Caso a cadeira não permitisse que o indivíduo ficasse na posição adequada seriam colocadas placas de EVA ou no assento caso o mesmo tivesse uma estatura maior que a cadeira ou embaixo dos pés caso o mesmo tivesse estatura pequena.



Figura 5. Posicionamento do sujeito para a coleta de dados.

Para que o mesmo pudesse realizar o movimento sem auxílio da visão, a mesma foi bloqueada utilizando-se óculos preparado para este fim, no qual havia filtros que o tornava completamente opaco para a passagem da luz. Assim se assegurava que o sujeito testado se basearia exclusivamente em sua propriocepção para a realização das tarefas propostas.

Foram colocados marcadores posicionados na linha articular de cada articulação que seria avaliada para que pudesse servir de referência na mensuração dos valores angulares encontrados (**Figura 6**). Para a articulação do ombro os pontos de referência de medida foram o acrômio (escápula) e epicôndilo lateral (úmero). Para a articulação do cotovela os pontos de referência foram o epicôndilo lateral (úmero) e o processo estiloide do rádio. Para a articulação do punho os pontos de referência foram o processo estiloide da ulna e cabeça dos 5º metacarpiano.



Figura 6. Posição dos marcadores de referência para a coleta dos dados de sensação posicional.

Antes do registro dos dados os sujeitos tiveram contato com o aparato montado para coleta, com o objetivo de que os mesmos pudessem se familiarizar com os procedimentos e sanar possíveis questionamentos sobre as tarefas. Para garantir a coerência do deslocamento angular imposto pelo pesquisador foram utilizados goniômetros com o objetivo de servirem como referência para o posicionamento adequado da articulação que foi avaliada, minimizando a possibilidade de variações desse posicionamento afetando a precisão do mesmo. O examinador realizou o movimento da forma que não fizesse o toque no ventre muscular do membro avaliado durante o posicionamento do mesmo para que se evitassem estímulos sensoriais que pudessem confundir a percepção do sujeito.

O membro direito foi o utilizado para a avaliação proprioceptiva do indivíduo. O teste foi realizado no mesmo membro que foi ensinado o movimento.

Para o registro dos movimentos foi utilizada uma máquina fotográfica digital da marca CASIO modelo EXILIM, com resolução de 12,1 mega pixels

posicionada a 1,50 m do sujeito apoiada em um tripé posicionado a 1 m do solo (**Figura 7**).



Figura 7. Posicionamento dos equipamentos utilizados na coleta de dados

Para realização do registro dos dados, o examinador realizou o movimento do membro, posicionando a articulação no ângulo que serviria como referência para o indivíduo e este permaneceu nessa posição, sendo pedido para que ele realizasse o movimento ativamente tendo o cuidado de observar movimento que estava realizando.

Primeiramente com o olho aberto foi pedido para o indivíduo realizar o movimento demonstrado anteriormente sendo pedido para que quando este terminasse o movimento dissesse a palavra “pronto” para que o registro pudesse ser feito. Após o registro do movimento foi pedido para que o membro fosse trazido para a posição inicial. Cada teste foi repetido 3 vezes em cada articulação.

Após as 3 realizações do movimento com os olhos abertos foi pedido para que o indivíduo colocasse os óculos com o objetivo de que sua visão fosse obstruída. Em seguida foi pedido para que o indivíduo realizasse o mesmo movimento feito anteriormente com os olhos abertos e semelhante ao outro quando terminasse o

movimento deveria dizer a palavra “pronto” para que a imagem fosse registrada. Após o registro do movimento foi pedido para que o membro fosse trazido para a posição inicial e novamente o teste foi repetido 3 vezes para cada articulação.

A coleta dos dados seguiu a ordem proximal para distal, iniciando-se pelo ombro, seguido do cotovelo e punho. Após o registro das imagens as mesmas foram analisadas através do programa livre KINOVEA[®]. Foi utilizada a ferramenta “ângulo” para a mensuração dos valores angulares obtidos de cada sujeito em suas diferentes articulações (**Figura 8**).

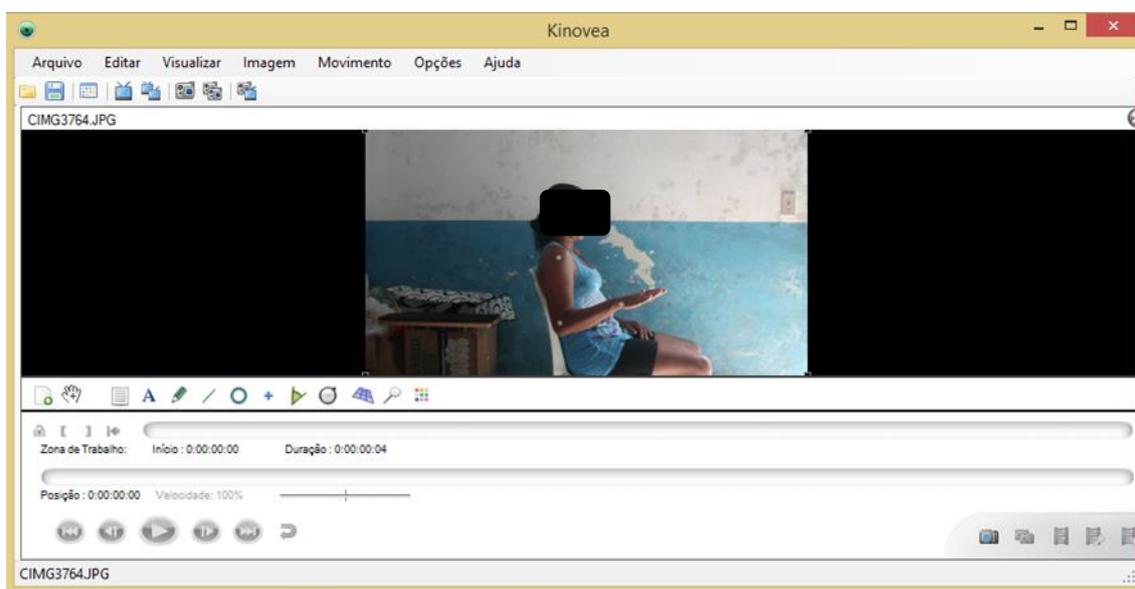


Figura 8. Programa utilizado para a aferição angular.

Para cada articulação a diferença posicional foi calculada como a diferença relativa de deslocamento angular médio registrado para a condição de olhos abertos e de olhos fechados (**Figura 9**). Também foi calculado o coeficiente de variação para as tentativas feitas com olho aberto e para as tentativas com o olho fechado. O valor do coeficiente de variação foi a razão entre o desvio-padrão e a média para as três tentativas em cada uma das condições de teste.



Figura 9. Mensuração angular da posição final do movimento do ombro utilizando-se o KINOVEA[®] na condição de olhos fechados.

5.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos no estudo foram armazenados em um banco, em forma de planilhas no programa Microsoft Excel[®] e as análises estatísticas foram realizadas nos programas Bioestat 5.0 e o SPSS v. 22 *for Windows*[®].

A análise de inferência foi realizada após verificação da normalidade através do teste de Shapiro-Wilk. Foi utilizado o teste de Wilcoxon para comparar as variáveis intragrupos e o teste Mann-Whitney para comparar as variáveis intergrupos.

5.5. PROCEDIMENTOS ÉTICOS

A pesquisa foi realizada conforme as Normas de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (Res. CNS 196/96) do Conselho Nacional de Saúde, mediante aceite do orientador, após a submissão e aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Pará (UFPA) no Núcleo de Medicina Tropical, e após

autorização do indivíduo/sujeito por meio de assinatura do TCLE, obtida após leitura e explicação sobre a pesquisa.

O preenchimento dos formulários foi feito de forma a manter o total anonimato dos sujeitos pesquisados, para tanto, os mesmos não foram identificados pelos seus nomes e sim por um código numérico correspondente à data de sua avaliação seguida de um número ordinal, evitando assim uma possível identificação.

As imagens obtidas durante a coleta de dados foram somente utilizadas para os objetivos do estudo, onde somente aparecerão os membros superiores do sujeito, não sendo possível a identificação do mesmo.

5.6. RISCOS/BENEFÍCIOS

Como foram coletadas amostras de cabelos (grupo controle) e para isso é necessário a utilização de lâminas, há o risco eminente de acidentes na hora do procedimento. Para se evitar isso, os mesmos foram coletados de forma cautelosa pelo pesquisador, na tentativa de minimizar o máximo possível os riscos presentes.

Apenas os dados que tenham consistência e relevância científica foram utilizados para que se infiram afirmações sobre o trabalho e qualquer fator que comprometa o trabalho foi levado em consideração na discussão e conclusão do mesmo.

6. RESULTADOS

Participaram do estudo 57 indivíduos moradores de duas regiões distintas às margens do Rio Tapajós divididos em dois grupos de acordo com a concentração de mercúrio total no cabelo (grupo controle e outro grupo exposto).

O grupo controle apresentou 34 indivíduos, sendo 24 do sexo masculino (70,5%) e 10 do sexo feminino. O grupo exposto foi composto por 23 indivíduos, sendo 13 do sexo masculino (56,5%) e 10 do sexo feminino (43,5%).

Ao dividirmos os grupos em faixas etárias observamos que o grupo exposto apresentou predomínio entre 36 e 55 anos representando 52,1% da amostra (n=12), diferente do grupo controle o predomínio etário estabeleceu-se entre 26 a 45 anos representando 61,8% da amostra (n=21) como podemos observar na **Tabela 1**.

Tabela 1. Número de sujeitos de acordo com a faixa etária.

	Grupo Controle		Grupo Exposto	
	N	%	N	%
15 a 25	3	8,8	6	26
26 a 35	9	26,5	2	8,7
36 a 45	12	35,3	18	34,7
46 a 55	6	17,6	4	14,4
56 a 60	1	3	1	4,5
61 e mais	3	8,8	2	8,7
Total	34	100	23	100

Sabe-se que o principal meio para a contaminação mercurial dos seres humanos dá-se através do consumo de pescado contaminado e diante disso foi questionado aos indivíduos quantos dias na semana eles consumiam peixe. Ao serem questionados tanto os indivíduos do grupo controle quanto os do grupo exposto relataram um consumo na faixa de 4 a 7 dias demonstrando que o pescado ainda se constitui na principal fonte de alimentação dos moradores de comunidades ribeirinhas (**Tabela 2**).

Tabela 2. Frequência de consumo de pescado pelos integrantes da amostra dos grupos estudados.

	Grupo controle		Grupo exposto	
	N	%	N	%
1 a 3 dias	11	32,5	8	34,7
4 a 5 dias	12	35	10	43,5
6 a 7 dias	11	32,5	5	21,8
Total	34	100	23	100

Os valores de concentração de mercúrio no cabelo do grupo controle variou de 0,18 a 9,5 $\mu\text{g/g}$ e teve média de $2,94 \pm 2,19 \mu\text{g/g}$. O grupo exposto apresentou uma concentração média de mercúrio no cabelo de $17,8 \pm 12,2 \mu\text{g/g}$ com valor mínimo de 9,3 $\mu\text{g/g}$ e máximo de 60 $\mu\text{g/g}$. O grupo exposto teve concentração de mercúrio significativamente maior que o grupo controle ($p < 0,05$).

Os indivíduos foram avaliados obedecendo-se os grupos previamente estabelecidos (grupo controle e grupo exposto) de acordo com seu desempenho nos testes de posicionamento articular. Cada indivíduo gerou 18 imagens correspondendo as articulações avaliadas através do protocolo experimental sendo posteriormente analisadas

através do programa KINOVEA® onde foi mensurado posicionamento articular dos indivíduos com os olhos abertos e fechados.

Em relação ao ângulo atingido pelos indivíduos ao fim do movimento com os olhos abertos, observou-se que em todas as articulações ocorreram erros comparado com o valor angular pedido para que fosse atingido, conforme mostrado na **Figura 10** e **Figura 11** para o grupo controle e grupo exposto, respectivamente.

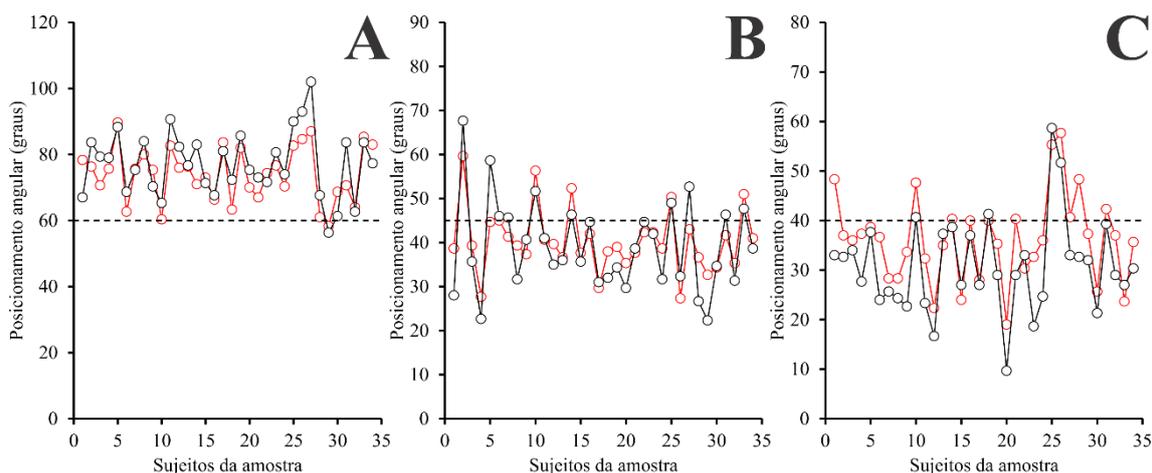


Figura 10. Valores angulares ao fim do movimento para as condições com os olhos abertos (círculos vermelhos) e fechados (círculos pretos) para o grupo controle. (A) Ombro. (B) Cotovelo. (C) Punho. A linha tracejada indica o valor esperado que fosse atingido pelos sujeitos testados.

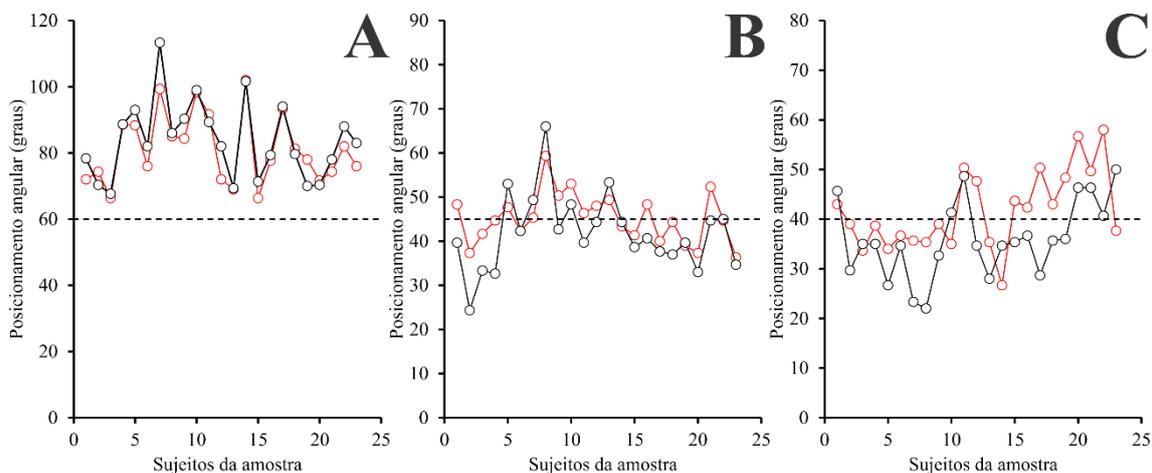


Figura 11. Valores angulares ao fim do movimento para as condições com os olhos abertos (círculos vermelhos) e fechados (círculos pretos) para o grupo exposto. (A) Ombro. (B) Cotovelo. (C) Punho. A linha tracejada indica o valor esperado que fosse atingido pelos sujeitos testados.

Os resultados da articulação do ombro nos indivíduos do grupo controle apresentaram valores angulares finais médios com os olhos abertos de $74^{\circ} \pm 8,29^{\circ}$ e com os olhos fechados os valores médios foram de $77,2^{\circ} \pm 9,1^{\circ}$. O grupo exposto apresentou valores angulares médios ao fim do movimento de $81,2^{\circ} \pm 10,5^{\circ}$, enquanto com os olhos fechados os resultados médios foram de $83,6^{\circ} \pm 11,7^{\circ}$.

Em relação a articulação do cotovelo, o grupo controle apresentou com os olhos abertos um valor angular final médio de $30,4^{\circ} \pm 7,1^{\circ}$, enquanto que com os olhos fechados apresentou valor angular final médio de $39,2^{\circ} \pm 10^{\circ}$. O ângulo alcançado pelo grupo exposto com os olhos abertos teve valor médio de $45,2^{\circ} \pm 5,6^{\circ}$ e com os olhos fechados o valor médio de $41,9^{\circ} \pm 8,6^{\circ}$.

Os testes com a articulação do punho resultaram que o grupo controle apresentou média angular de $36,2^{\circ} \pm 8,7^{\circ}$ com os olhos abertos, $30,8^{\circ} \pm 9,4^{\circ}$ com os olhos fechados. O grupo exposto apresentou média de $41,7^{\circ} \pm 7,8$ com os olhos abertos e com os olhos fechados o valor angular médio foi de $35,9^{\circ} \pm 7,7^{\circ}$.

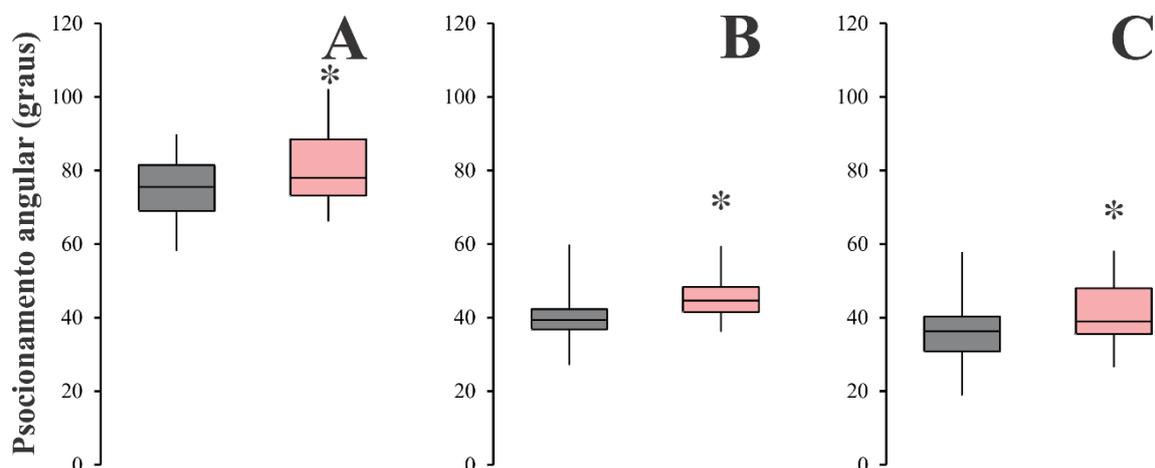
A **Tabela 3** mostra os valores articulares para o fim do movimento em cada uma das articulações de cada um dos grupos experimentais.

Tabela 3. Valores médios do ângulo final do movimento para cada articulação testada nos grupos estudados.

		Grupo Controle		Grupo Exposto	
		Média	DP**	Média	DP**
OMBRO	OA	74,2	8,2	81,2	10,5
	OF	77,1	9,9	83,6	11,7
COTOVELO	OA	40,4	7,1	45,2	5,6
	OF	39,2	10	41,9	8,6
PUNHO	OA	36,2	8,7	41,7	7,8
	OF	30,8	9,4	35,9	7,7

OA, olho aberto; OF, olho fechado; DP, desvio-padrão

A **Figura 12** nos mostra a distribuição do posicionamento angular final obtido nas três articulações para a condição com os olhos abertos. Observa-se que houve diferenças estatísticas significativas entre os grupos avaliados, sendo que os indivíduos do grupo exposto atingiram maiores valores angulares em relação ao ângulo proposto pelo teste nas três articulações.



■ Grupo controle ■ Grupo exposto

Figura 12. Comparação da distribuição dos valores angulares médios ao fim do movimento nas articulações do ombro (A), cotovelo (B) e punho (C) para a condição com o olho aberto. * $p < 0,05$. Os *box-plots* foram compostos pela mediana, primeiro e terceiro quartis, valores máximo e mínimo.

Na **Figura 13** observa-se que, diferentemente do que ocorreu com os indivíduos com os olhos abertos, ao serem privados de sua visão tiveram valores posicionais semelhantes entre os grupos estudados. Somente a articulação do punho apresentou diferença significativa em relação a comparação dos grupos.

Em relação a diferença relativa encontrada entre o desempenho dos sujeitos com os olhos abertos e com os olhos fechados não ocorreram diferenças significativas entre o grupo controle e o grupo exposto em relação as articulações avaliadas (**Figura 14**).

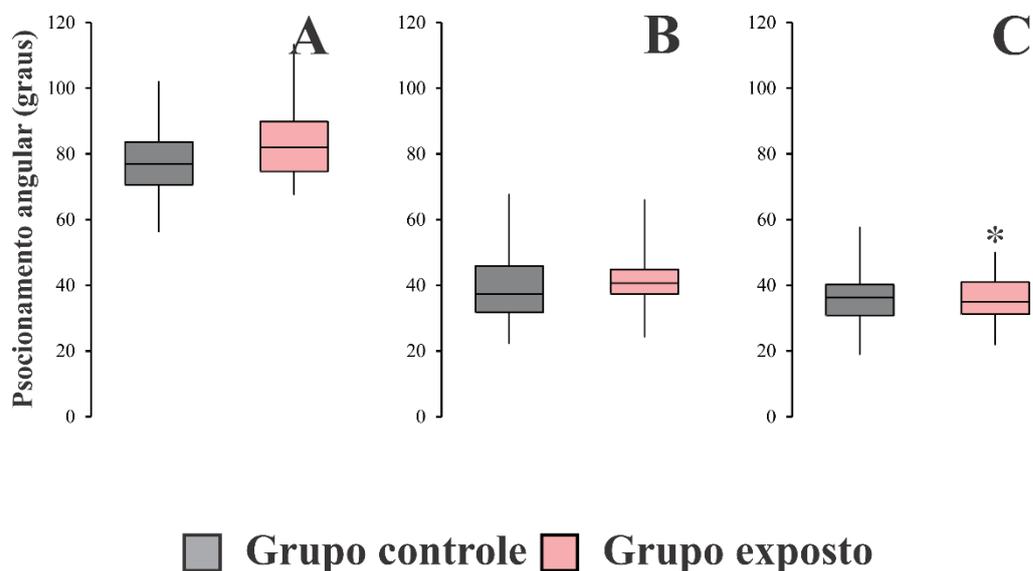


Figura 13. Comparação da distribuição dos valores angulares médios ao fim do movimento nas articulações do ombro (A), cotovelo (B) e punho (C) para a condição com o olho fechado. * $p < 0,05$. Os *box-plots* foram compostos pela mediana, primeiro e terceiro quartis, valores máximo e mínimo.

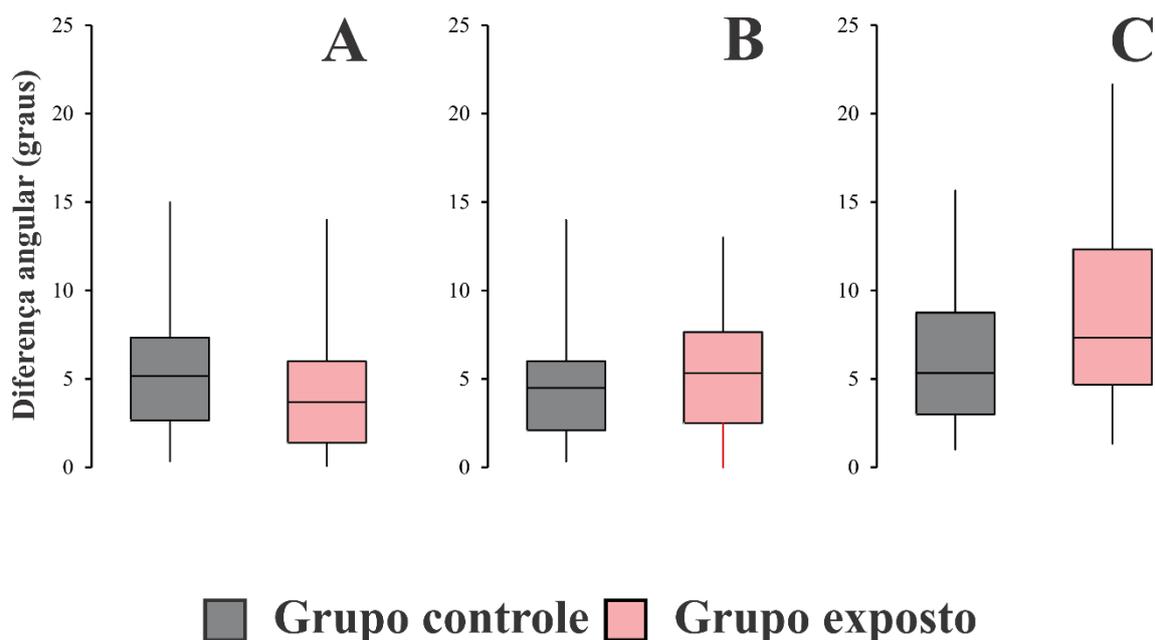


Figura 14. Comparação da distribuição das diferenças angulares médias ao fim do movimento para as condições de olhos abertos e fechados para as articulações do ombro

(A), cotovelo (B) e punho (C). * $p < 0,05$. Os *box-plots* foram compostos pela mediana, primeiro e terceiro quartis, valores máximo e mínimo.

A **Figura 15** mostra o coeficiente de variação do posicionamento articular final do movimento nos indivíduos com os olhos abertos. Observou-se que ocorreram diferenças significativas entre o grupo controle e o grupo exposto nas articulações do cotovelo e do punho, sendo que o grupo exposto apresentou valores menores que o controle.

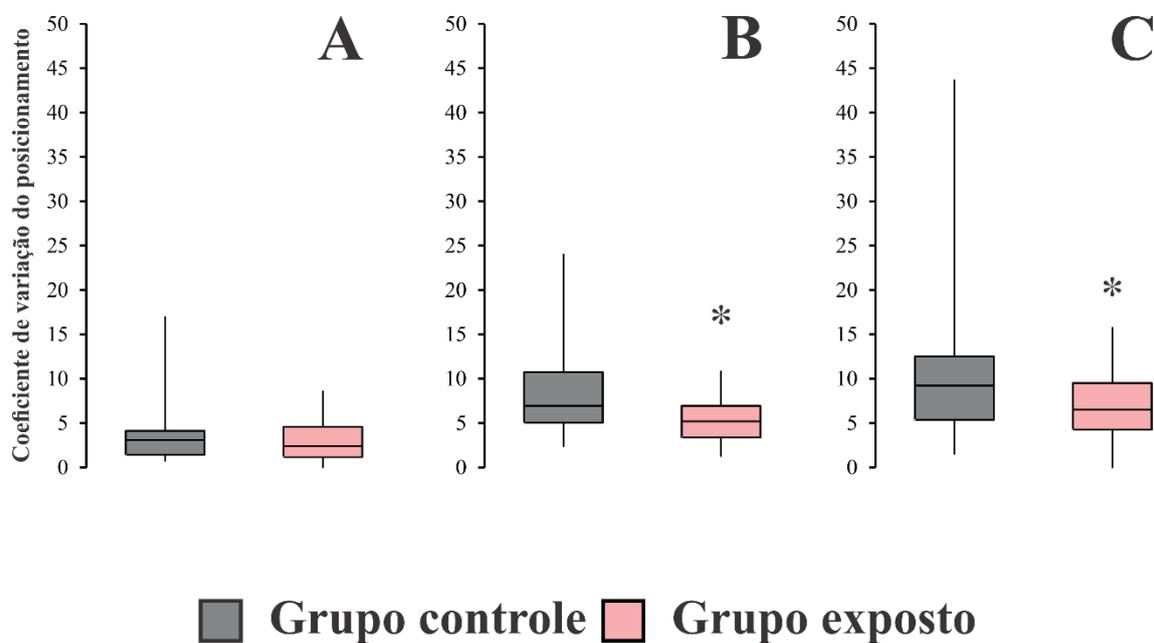


Figura 15. Comparação do coeficiente de variação do posicionamento articular final ao movimento na condição com o olho aberto para as articulações do ombro (A), cotovelo (B) e punho (C). * $p < 0,05$. Os *box-plots* foram compostos pela mediana, primeiro e terceiro quartis, valores máximo e mínimo.

Com os olhos fechados o coeficiente de variação da articulação do punho mostrou-se com valores maiores no grupo exposto do que o grupo controle não ocorrendo diferenças significativas entre os grupos nas demais articulações (**Figura 16**).

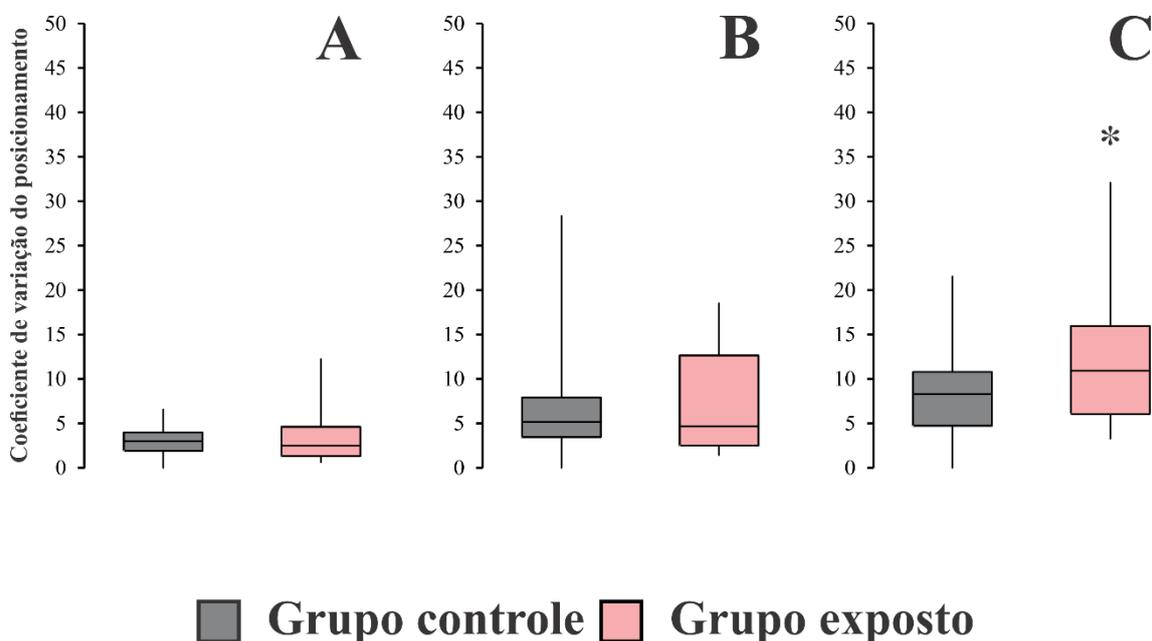


Figura 16. Comparação do coeficiente de variação do posicionamento articular final ao movimento na condição com o olho fechado para as articulações do ombro (A), cotovelo (B) e punho (C). * $p < 0,05$. Os *box-plots* foram compostos pela mediana, primeiro e terceiro quartis, valores máximo e mínimo.

A **Figura 17** mostra a razão entre os coeficientes de variação para os posicionamentos articulares dos indivíduos com os olhos abertos e os olhos fechados. Observamos que não existiram diferenças significativas entre os indivíduos do grupo controle e do grupo exposto.

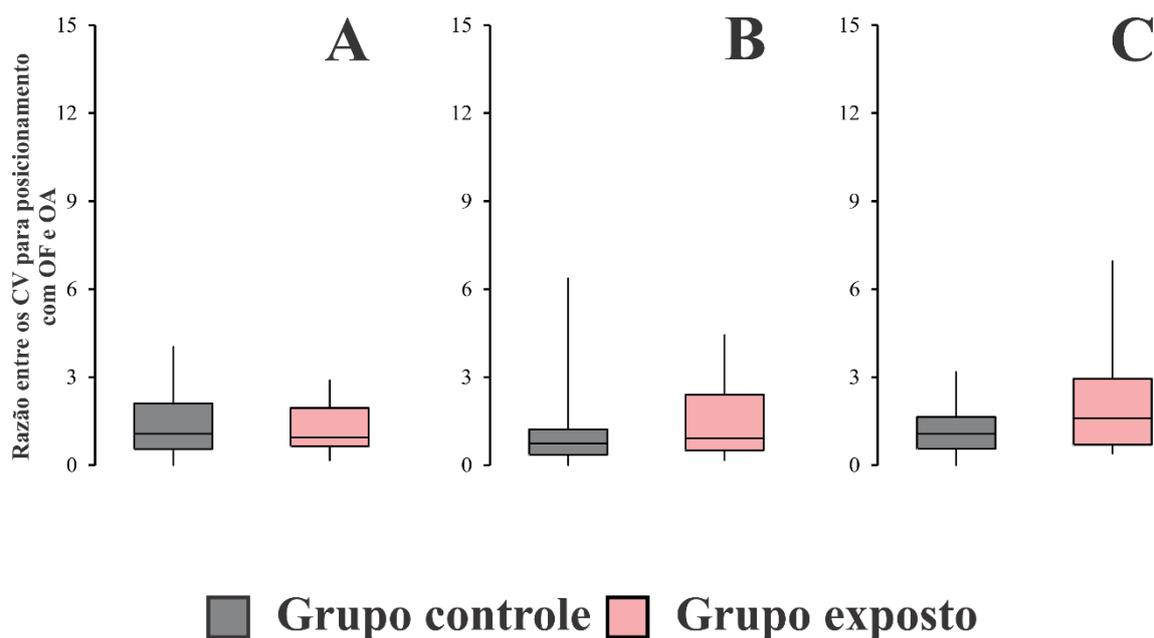


Figura 17. Comparação da razão dos coeficientes de variação do posicionamento articular final ao movimento na condição com o fechado e olho aberto para as articulações do ombro (A), cotovelo (B) e punho (C). Os *box-plots* foram compostos pela mediana, primeiro e terceiro quartis, valores máximo e mínimo.

A **Figura 18** mostra a diferença angular entre as articulações do ombro, cotovelo e punho dentro de cada grupo estudado. Observou-se que no grupo controle não existiram diferenças significativas entre as articulações, diferente do grupo exposto que apresentou diferenças significativas entre as articulações do ombro e do punho. A diferença entre as condições com olhos abertos e fechados foi maior na articulação do punho que na articulação do ombro.

A **Figura 18** também mostra a razão entre os coeficientes de variação nas articulações do ombro, cotovelo e punho no grupo controle e no grupo exposto. Em relação aos coeficientes de variação não encontramos diferenças significativas entre o grupo controle e o grupo exposto.

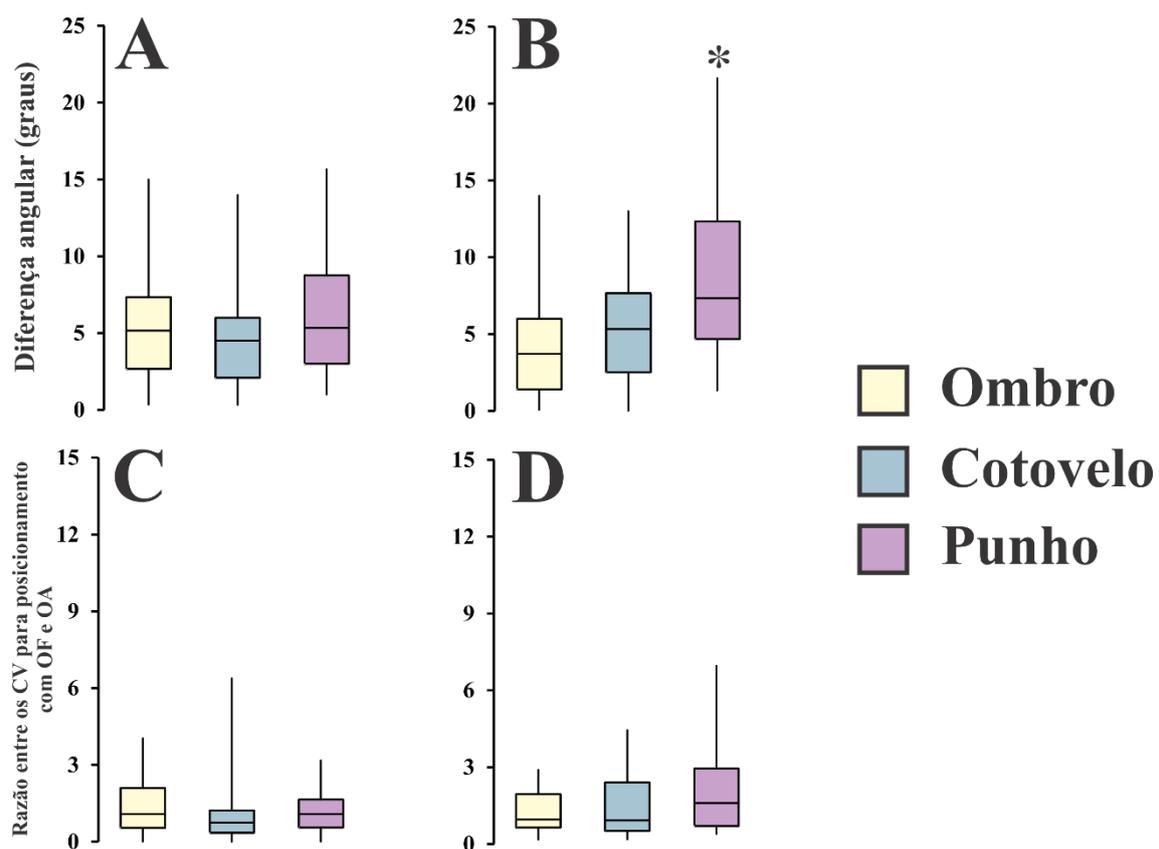


Figura 18. Comparação dos resultados entre as articulações dentro do mesmo grupo estudado. (A) e (C) Grupo controle. (B) e (D) Grupo exposto. A diferença angular cresceu das articulações proximais para as distais no grupo exposto e não foi observado o mesmo no grupo controle. * $p < 0,05$. Os *box-plots* foram compostos pela mediana, primeiro e terceiro quartis, valores máximo e mínimo.

7. DISCUSSÃO

O presente trabalho mostrou resultados que sugerem que as angulações de posicionamento articular que os sujeitos expostos cronicamente ao mercúrio podem apresentar alterações comparados com o grupo controle, sendo que a articulação com maior comprometimento foi o punho. Os resultados que ajudam a suportar a sugestão são os resultados de coeficiente de variação do posicionamento e o aumento da diferença relativa do posicionamento articular final das articulações proximais para distal.

O consumo de pescado nessas populações ribeirinhas ainda se constitui na principal fonte de alimentação dessas localidades, sendo também a principal via de contaminação pelo Hg. Os dados observados no estudo demonstraram que tanto o Grupo Controle como o Grupo Exposto apresentam grande consumo de pescado, ocorrendo em mais da metade dos dias da semana (4 a 7 dias) na maioria dos indivíduos. Estudos afirmam que as populações ribeirinhas do Brasil são as maiores consumidoras de peixes do mundo, fato este que pode ser devido ao fato dessas comunidades não apresentarem fácil acesso às maiores cidades da região, não tendo muitas opções de outro tipo de proteína senão a do pescado (BARBIERI & GARDON, 2009).

Takaoka et al em 2008 afirma que todas as modalidades somatosensoriais são afetadas com a exposição a níveis elevados de Hg (sensação tátil, sensação vibratória, discriminação entre dois pontos e sensação posicional), sendo sua avaliação de grande importância para o diagnóstico.

Há algum tempo acredita-se que os transtornos neuromusculares, motores e proprioceptivos estavam relacionados aos danos causados nos nervos periféricos. Tal fato observado em um estudo onde foram avaliados aspectos somatosensoriais em nos membros superiores em indivíduos que estavam há mais de 10 anos sem estarem expostos

ao mercúrio, demonstrando que a persistência no déficit sensorial no membro dos indivíduos era por causa de danos no córtex somatosensorial, não evidenciando comprometimento nos nervos periféricos, na medula espinhal nem no tálamo. Tal fato indica que a persistência nos danos sensoriais são consequência de danos ocasionados no córtex somatosensorial (NINOMIYA et al 2005).

O erro posicional foi avaliado pedindo-se para o indivíduo reproduzir um ângulo previamente demonstrado pelo avaliador, repetindo 3 vezes o mesmo procedimento. Observamos que mesmo os indivíduos do grupo controle variava suas tentativas tentando realizar o movimento mais preciso possível, principalmente quando encontra-se com os olhos abertos. Com os olhos fechados como o mesmo depende das informações enviadas e recebidas ao SNC as tentativas tendem a se manterem mais homogêneas.

Ao confrontarmos os erros posicionais nos indivíduos com os olhos abertos e com os olhos fechados foi observado que em todas as articulações ocorreram erros levando-se em consideração o “ângulo alvo” (ombro 60°, cotovelo 45° e punho 40°) que os mesmos deveriam atingir, nesse caso com uma consideração especial à articulação do ombro que manteve seus valores sempre acima do valor alvo em ambos os grupos (Grupo Controle e Grupo Exposto)

Tal fato corrobora com os resultados encontrados por Dolbec et al em 2000, quando ao realizar testes psicomotores em moradores às margens do rio Tapajós encontrou alterações na função motora em indivíduos com baixa concentração mercurial, sugerindo que não é necessária uma grande quantidade de mercúrio no organismo para que esses déficits possam se manifestar

Em relação ao posicionamento angular obtido nas três articulações, estando os mesmos com os olhos abertos. Observamos diferenças estatísticas

significativas entre os grupos avaliados, demonstrando que quando comparados; os indivíduos do grupo exposto apresentam o posicionamento angular diferente dos indivíduos do Grupo Controle em todas as articulações. Tal fato não ocorreu quando os indivíduos tiveram sua visão privada onde somente a articulação do punho apresentou diferenças significativas no posicionamento articular enquanto que os valores das outras articulações não foram significativos.

Informação semelhante foi encontrada em um estudo realizado com indivíduos adultos onde se realizou o “*Position matching task*”, tendo encontrado diferenças significantes entre as articulações, sendo a do punho a menor acurácia nos testes (LI and WU, 2014). Outro estudo realizado com idosos demonstrou um declínio na sensação posicional na articulação do punho, quando os mesmos tinham que o volume de objetos utilizando as mãos sem o auxílio da visão, sendo possível que o processo degenerativo do SNC possa se somar aos danos ocasionados pelo Hg, trazendo assim efeitos em locais específicos como é o caso do punho (KALISH et al, 2012).

A diferença absoluta foi definida subtraindo-se o valor do posicionamento angular de cada indivíduo com os olhos abertos do seu valor do posicionamento angular com os olhos fechados. Para se determinar as relações intra classes foi utilizado o teste Wilcoxon entre os valores das diferenças absolutas, não sendo observadas diferenças significativas entre o grupo controle e o grupo exposto em relação às articulações avaliadas.

Outro aspecto observado foi o coeficiente de variação do posicionamento articular nos indivíduos com os olhos abertos e fechados. Esse coeficiente foi definido através da razão entre a média e o desvio padrão dos valores do posicionamento articular encontrado em cada indivíduo no Grupo Controle e no Grupo Exposto. O que nos chama a atenção é o fato do punho novamente apresentar diferença significativa entre o grupo

controle e o grupo exposto. Uma justificativa para esse fato pode ser quando são realizados movimentos repetidos nas articulações das extremidades, conforme o tempo vai passando o sistema proprioceptivo é utilizado para estabilizar o movimento e não mais guia-lo (BROWN et al, 2003).

O resultado da comparação da diferença relativa do posicionamento articular foi maior na articulação mais distal que na articulação mais proximal. Perdas somatossensoriais na parte mais distal já foi anteriormente descrito nos sujeitos com exposição ao mercúrio no Japão (TAKAOKA, 2008). Essa perda sensorial na porção distal da mão parece ser um achado comum que merece destaque como biomarcador para a investigação dos efeitos do mercúrio na função sensorial. A preferência pelas articulações distais pode acontecer devido a motricidade do punho envolver movimentos mais finos que no cotovelo e ombro e isso exigir maior integração proprioceptiva da articulação.

8. CONCLUSÃO

Ao observarmos os resultados obtidos no estudo pudemos concluir que os objetivos propostos foram alcançados. A contaminação mercurial ainda é uma questão bastante presente em diversas regiões da Amazônia, principalmente pelo grande consumo do pescado nas comunidades ribeirinhas.

O “*arm position test*” se mostrou efetivo na avaliação da sensação posicional dos indivíduos, sendo uma ferramenta fácil e barata onde podemos obter informações muito importantes acerca da integridade do sistema somestésico.

Outro fator importante é que este teste pode ser replicado facilmente pelos profissionais no seu dia a dia clínico, sem a necessidade de um aparato muito complexo para a sua aplicação.

Em relação ao erro posicional conclui-se que mesmo o indivíduo não estando contaminado pelo mercúrio o mesmo pode apresentar alterações na sua sensação posicional, levando a apresentar variação na acurácia do seu movimento.

A compararmos as articulações envolvidas no estudo concluímos que as articulações mais distais têm uma tendência maior ao erro, possivelmente pela complexidade dos movimentos envolvidos nesses locais.

Tais ações serão de grande importância para as comunidades ribeirinhas que ainda convivem com esse problema diariamente.

9 REFERÊNCIAS

AKAGI, H.; MALM, O.; BRANCHES, F.J. P. **Human exposure to Mercury due to gold mining in the Amazon, Brazil: a review.** Environmental Science. n.4, p.199-211, 1996.

ARRIFANO, G. P. F. **Metilmercúrio e mercúrio inorgânico em peixes comercializados no mercado municipal de Itaituba (Tapajós) e Ver-o-Peso (Belém).** Dissertação (Mestrado em Neurociências) – Laboratório de Farmacologia Molecular, Universidade Federal do Pará, Belém, p.55, 2011.

BAIRD, C.; CANN, K. **Environmental Chemistry.** New York: Freeman, 2004.

BARBIERI, F. L.; GARDON, J. **Hair mercury levels in Amazonian populations: spatial distribution and trends.** International Journal of Health Geographics, **8**:71, 2009.

BERZAS NEVADO J.J.; RODRÍGUEZ MARTÍN-DOIMEADIOS R.C.; GUZMÁN BERNARDO F.J.; JIMÉNEZ MORENO M.; HERCULANO A.M.; DO NASCIMENTO J.L.; CRESPO-LÓPEZ M.E. **Mercury in the Tapajós River basin, Brazilian Amazon: a review.** Environ Int. v.36, n.6, p.593-608, 2010.

BISINOTI M.C.; JARDIM W. F. **O comportamento do metilmercúrio (metilHg) no ambiente.** Quim. Nova, v. 27, n. 4, p.593-600, 2004.

BRABO, E. S.; SANTOS, E. O.; JESUS, I. M. MASCARENHAS. A. F.; FAIAL, K. F. **Mercury contamination of fish and exposures of an indigeneous community in Pará state, Brasil.** Environ Res. 84:197-203. 2000

BROWN, L. E.; ROSENBAUM, D. A.; SAINBURG, R. L. **Limb Position Drift: Implications for Control of Posture and Movement.** J Neurophysiol 90: 3105–3118, 2003.

BURGUESS, P. R.; CLARK, F.J. **Characteristics of knee joint receptors in the cat.** J. Physiol. Aug, 203 (2): 317-35, 1969.

CÂMARA, V. M.; FILHOTE, M. I.; LIMA, M. I.; ALHEIRA, F. V.; MARTINS, M. S.; DANTAS T. O. & LUIZ, R. R. **Strategies for preventing adolescent mercury exposure in Brazilian gold mining areas.** Toxicology and Industrial Health. v.13, p.285-297, 1997.

CARDOSO, P.C.S.; LIMA, P.D.L.; BAHIA, M.O.; AMORIM, M.I.M.; BURBANO, R. R. & FARIAS, R.A.F. **Efeitos Biológicos do Mercúrio e seus Derivados em Seres Humanos**: uma revisão bibliográfica. *Revista Paraense de Medicina*. v.15, p.51-58, 2001.

CHEMALY, S. M.; **Investigates the link between vitamin B [sub 12] and methylmercury. Methylcobalamin and related methylcorrinoids; Chemical reaction of methylcobalamin with mercury; Methylation of mercury by Desulphovibrio desulfuricans**. *South African Journal of Science*. Vol. 98, p.568, 2002.

CRESPO-LÓPEZ, M. E.; HERCULANO, A. M.; CORVELO, T. C.; NASCIMENTO, J. L. M. **Mercurio y neurotoxicidad**. *Revista de Neurologia*. v.40, p.441-447, 2005.

CRESPO-LÓPEZ, M.E.; SÁ, A.L. de; HERCULANO, A.M.; BURBANO, R.R. & NASCIMENTO, J.L.M do. **Methylmercury genotoxicity**: a novel effect in human cell lines of the central nervous system. *Environment International*. 33: 141-146.2007.

CYPRIANO, E. F. **Distribuição espacial de mercúrio nos sedimentos do complexo lagunar da Baixada de Jacarepaguá**. (Rio de Janeiro). Monografia. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

CULLEN, E. *et al.* **Mercury Exposure in Ireland: Results of the DEMOCOPHES Human Biomonitoring Study**. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 11, 9760-9775, 2014.

DESHPANDE, N; CONNELLY, D. M.; CULHAM, E. G.; COSTIGAN, P. A. **Reliability and validity of ankle proprioceptive measures**. *Arch Phys Med Rehabil*, 84:883–889, 2003.

DOLBEC, J.; MERGLER, D.; SOUSA PASSOS, C. J.; MORAIS, S.;LEBEL, J. Methylmercury exposure affects motor performance of a riverine population of the Tapajós river, Brazilian Amazon. *Int Arch Occup Environ Health*. 73: 195±203, 2000.

DOMINGOS, X. V. Contaminação da biota por mercúrio e metais pesados. In: REUNIÃO ATUAL DA SBPC, 61., 2009, Manaus. **Anais...** Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia – INPA, p. 2-2, 2009.

EKINO, S. *et al.* **Minamata disease revisited: An update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning**. *Journal of the Neurological Sciences* 262 131–144, 2007.

ESTECHA, M. G. *et al.* **Efectos sobre la salud del metilmercurio en niños y adultos; estudios nacionales e internacionales**. *Nutr Hosp*. 30(5):989-1007, 2014.

FARIAS, L. A. **Avaliação do conteúdo de mercúrio, metilmercúrio e outros elementos de interesse em peixes e em amostras de cabelos e dietas de pré-escolares**

da região Amazônica. (Doutorado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Nucleares e Energéticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 226p., 2006.

FARO, F. R. L. **Efeitos do Mercúrio Sobre a Liberação de Dopamina no Núcleo Estriado de Ratos. Possíveis Mecanismos de Ação e Proteção.** Tese de Doutorado. Belém, Universidade Federal do Pará, 164p., 2000.

FONTELLES, M. J. **Bioestatística aplicada à pesquisa experimental.** Volume 1. Belém: Editora Livraria da Física, 420p., 2010.

GOBLE, D. J. **Proprioceptive Acuity Assessment Via Joint Position Matching: From Basic Science to General Practice.** PHYS THER , 90:1176-1184, 2010.

GONÇALVES A, GONÇALVES N N DA S E. **Exposição humana ao mercúrio na Amazônia brasileira: uma perspectiva histórica.** Revista Panam Salud Publica.v.16, n.6, p.415-9, 2004.

GUYTON, A.L.; HALL, J .E. Textbook of medical physiology. 11ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 2006.

HACON, S., *et al.* **Um Panorama dos Estudos Sobre Contaminação por Mercúrio na Amazônia Legal no Período de 1990 a 2005 – Avanços e Lacunas.** Geochimica Brasiliensis, 23(1) 029-048. 2009.

HARADA, M. Minamata disease: **methylmercury poisoning in Japan caused by enviromental pollution.** Crit. Rev.Toxicolol. 25 (1): 1-24, 1995.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores Sociodemográficos e de Saúde no Brasil.** Estudos e Pesquisas Informação Demográfica e Socioeconômica n.25. RJ, 2009.

KALISCH, T., *et al.* **Age-related changes in the joint position sense of the human hand.** Clinical Interventions in Aging. 7 499–507, 2012.

KHOURY, E. D. T. *et al.* Manifestações neurológicas em robeirinhos de áreas expostas ao mercúrio na Amazonia brasileira. Cad. Saude Publica, Rio de Janeiro. 29 (11): 2307-2318, 2013.

LEBEL, J.; MERGLER, D.; LUCOTTE, M.; AMORIM, M. I. M.; DOLBEC, J.; MIRANDA, D.; ARANTES, G.; RHEAULT, I.; PICHET, P. **Evidence of Early Nervous System Dysfunction in Amazonian Populations Exposed to Low-Levels of Methylmercury.** Neurotoxicology. v.17, p.157-168, 1996.

LI, K.; WU, Y. **Clinical evaluation of motion and position sense in the upper extremities of the elderly using motion analysis system.** *Clinical Interventions in Aging.* 9 1123–1131, 2014.

LIMA, E. R. Z.; Colon, J. C.; Souza, M. T. **Alterações auditivas em trabalhadores expostos ao mercúrio.** *Rev. CEFAC,* V.11, Supl 1, 62-67, 2009.

MICARONI, R.C.C.M.; BUENO, M.I.M.S. ; JARDIM, W.F. **Compostos de Mercúrio. Revisão de Métodos de determinação, tratamento e descarte.** *Química Nova.* v.23, p.487-495, 2000.

NINOMIYA, T. **Reappraisal of somatosensory disorders in methylmercury poisoning.** *Neurotoxicology and Teratology.* 27 643 – 653, 2005.

PINHEIRO, M. C. N., GUIMARÃES, G. A, NAKANISHI, J., OIKAWA, T., VIEIRA, J. L., QUARESMA, M., CARDOSO, B., AMORAS, W. **Avaliação da contaminação mercurial mediante análise do teor de Hg total em amostras de cabelo em comunidades ribeirinhas do Tapajós, Pará, Brasil.** *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.* v.33, p.181-184, 2000a.

PINHEIRO, M. C. N.; NAKANISHI, J.; OIKAWA, T.; GUIMARÃES, G. A.; QUARESMA, M.; CARDOSO, B.; AMORAS, W.; HARADA, M.; MAGNO, C.; VIEIRA, J. L. F. **Exposição humana ao metilmercúrio em comunidades ribeirinhas do Tapajós, Pará, Brasil.** *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* v.33, p.265-269, 2000b.

PINHEIRO, M. C.; CRESPO-LÓPEZ, M. E.; VIEIRA, J. L.; OIKAWA, T.; GUIMARÃES, G. A.; COSTA, C. A.; AMORAS, W. W.; RIBEIRO, D. R.; HERCULANO, A. M.; NASCIMENTO, J. L. M.; SILVEIRA, L. C. L. **Mercury pollution and childhood in Amazon riverside villages.** *Environment International.* v.33, p.56-61, 2007.

PINHEIRO, M.C.; OIKAWA, T.; VIEIRA, J.L.; GOMES, M.S.; GUIMARÃES, G.A.; CRESPO-LÓPEZ, M.E.; MULLER, R.C.; AMORAS, W.W.; RIBEIRO, D.R.; RODRIGUES, A.R.; CORTÊS, M.I. & SILVEIRA, L.C.L. **Comparative study of human exposure to mercury in riverside communities in the Amazon region.** *Brazilian Journal of Medical and Biological Research.* 39: 411-414. 2006.

RICE, K. M.; WALKER, E. M.; WU, M.; GILLETTE, C.; BLOUGH, E. R. **Environmental Mercury and Its Toxic Effects.** *J Prev Med Public Health.* 47:74-83. 2014.

SÁ, A. L. de; HERCULANO, A. M.; PINHEIRO, M. C.; SILVEIRA, L. C. L.; NASCIMENTO, J. L. M do. **Human exposure to mercury in the west region of Pará State.** *Revista Paraense de Medicina.* v.20, p.19-25, 2006.

SANFELIU, C.; SEBASTIA, J.; CRISTOFOL, R.; RODRIGUEZ-FARRE, E. **Neurotoxicity of organomercurial compounds**. *Neurotoxicity Research*. v.5, p.283-305, 2003.

SANTOS, E. C. O.; JESUS, I. M.; BRABO, E. S.; LOUREIRO, E. C. B.; MASCARENHAS, A. F. S.; WEIRICH, J.; CÂMARA, V. M. **Mercury exposures in riverside Amazon communities in Pará, Brazil**. *Environmental Research* v.84, p.100-107, 2000.

SANTOS, E. C. O.; JESUS, I.M.; BRABO, E. S.; FAYAL, K. F.; FILHO, G. C. S.; LIMA, M. O.; MIRANDA, A. M. M.; MASCARENHAS, A. S.; SÁ, L. L. C.; SILVA, A. P.; CÂMARA, V. M. **Exposição ao mercúrio e ao arsênio em Estados da Amazônia: síntese dos estudos do Instituto Evandro Chagas/FUNASA**. *Rev. Bras. Epidemiol.* v.6, n.2, 2003.

SHERRINGTON, C. On the proprioceptive system, especially in its reflex aspects. *Brain*, 29: 467–482, 1906.

STANFIELD, C. L. *Fisiologia Humana*. 5 ed. Ed Pearson, São Paulo, 2014.

TAKAOKA, S. *et al.* **Psychophysical sensory examination in individuals with a history of methylmercury exposure**. *Environmental Research* 95. 126–132, 2004.

TRASANDE, L. *et al.* **Methylmercury exposure in a subsistence fishing community in Lake Chapala, Mexico: an ecological approach**, *Environmental Health*, v.9, n.1, 2010.

UCHINO, M. *et al.* **Neurologic features of chronic Minamata disease (organic mercury poisoning) and incidence of complications with aging**. *J. Environ. Sci. Health*. Sep. 30 (5): 699-715, 1995.

WASSERMAN, J. C.; HACON S. S.; WASSERMAN, M. A. **O ciclo do mercúrio no meio ambiente Amazônico**. *Mundo & Vida*. v.2, p.46-53, 2001.

WHO, INTERNATIONAL PROGRAM ON CHEMICAL SAFETY. **Environmental Health Criteria: Methylmercury**. Geneva: World Health Organization, p.101-144, 1990.

XINBIN FENG, P. L.; QIU, G. **Methylmercury Exposure and Health Effects from Rice and Fish Consumption: A Review**. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 7, 2666-2691, 2010.

ZACHI, E. C. **Avaliação neuropsicológica de pacientes expostos ao vapor de mercúrio e de pacientes diabéticos do tipo 2**. (Dissertação Mestrado). Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, 133p., 2005.

ZAVARIZE, S. F.; MARTINELLI, A. **Mecanismos neurofisiológicos da aplicação da bandagem funcional no estímulo somatossensorial.** Rev. Saúde e Desenvolvimento Humano. Nov. 30; 2(2): p. 39-49, 2014.

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título do projeto: “**Avaliação da sensação posicional de articulações do membro superior em sujeitos expostos a altos índices de mercúrio ambiental**”.

A seguinte pesquisa possui como proposta medir a concentração de mercúrio presente em cabelos de moradores das comunidades ribeirinhas de Barreiras localizadas nas margens do Rio Tapajós, além da aplicação de um teste para verificar o erro posicional em seus braços. Neste mesmo estudo, ainda será aplicado um questionário sócio econômico que também conterà os hábitos alimentares dos indivíduos estudados.

Para a obtenção desses dados será necessário a retirada de uma pequena quantidade de seu cabelo na região da sua nuca e o registro de algumas imagens do Sr (Sra).

O cabelo será usado para verificar a quantidade de mercúrio presente no seu organismo e as imagens servirão para medir os ângulos formados pelo seu ombro, cotovelo e punho. Essas imagens ficarão sob responsabilidade do pesquisador e em caso de exibição somente será mostrado a região que esta sendo avaliada, não sendo possível a identificação da pessoa.

Aspectos Éticos

Esta pesquisa seguirá os aspectos éticos previstos na Declaração de Helsinque e a resolução 196/96, tendo seu início após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa

com seres humanos competente. Apenas os pesquisadores terão acesso aos dados coletados durante a pesquisa e é garantido o seu total anonimato como descrito a seguir:

O preenchimento dos questionários será feito de forma a manter o total anonimato dos sujeitos pesquisados, para tanto, os mesmos não serão identificados pelos seus nomes e sim por um código numérico correspondente à data de sua avaliação seguida de um número ordinal, evitando assim uma possível identificação.

Riscos/Benefícios

Como serão coletadas amostras de cabelos e para isso é necessário a utilização de lâminas, há o risco eminente de acidentes na hora do procedimento. Para se evitar acidentes os mesmos serão coletados de forma cautelosa pelo pesquisador, na tentativa de minimizar o máximo possível os riscos presentes.

Ao fim deste trabalho os pesquisadores terão o benefício de conhecer sobre as características da população idosa das comunidades pesquisadas, bem como avaliar se os níveis de mercúrio encontrados nos indivíduos estão afetando sua funcionalidade.

Apenas os dados que tenham consistência e relevância científica serão utilizados para que se infiram afirmações sobre o trabalho e qualquer fator que comprometa o trabalho será levado em consideração na discussão e conclusão do mesmo.

Garantias

Mais uma vez garantimos preservar sua identidade e em qualquer momento do estudo o participante terá acesso aos pesquisadores responsáveis pela pesquisa, para esclarecimento de dúvidas.

Quaisquer tipos de dano comprovadamente causado pelos procedimentos a serem realizados serão reparados e o participante terá direito a ressarcimento de qualquer prejuízo causado e a indenização segundo a lei vigente.

Financiamento

Este trabalho será realizado com recursos próprios do autor, não tendo financiamento ou co-participação de nem uma instituição de pesquisa. Também não haverá nenhum pagamento por sua participação.

Esclarecimento de dúvidas

O orientador responsável é o Prof. Dr. Givago da Silva Souza, que pode ser encontrado no Núcleo de medicina tropical (UFPA) e através do celular (91) 9203-4577. Além deste, você poderá também ter esclarecimentos com o pesquisador responsável, Alexandre R B Oliveira, que pode ser encontrado na Universidade do Estado do Pará, localizada na Av. Plácido de Castro, 1399, Aparecida, Santarém PA e contatado pelo celular (93) 8115-1077 ou com o Comitê de Ética e Pesquisa do Núcleo de Medicina Tropical (NMT), localizado na Avenida Generalíssimo Deodoro, 92. Umarizal – Belém PA. Fone: 3201-6857.

Declaração

Declaro que compreendi as informações do que li e que me foram explicadas sobre o trabalho “**Avaliação da sensação posicional de articulações do membro superior em sujeitos expostos a altos índices de mercúrio ambiental**”.

Discuti com os pesquisadores acima sobre minha decisão em participar nesse estudo, ficando claros para mim, quais são os propósitos da pesquisa, os procedimentos a serem realizados, os possíveis riscos, bem como as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes.

Concordo voluntariamente em participar desse estudo podendo retirar meu consentimento a qualquer momento sem necessidade de justificar o motivo da desistência, antes ou durante o mesmo, sem penalidades, prejuízo ou perda de qualquer benefício que possa ter adquirido.

Participante voluntário

Testemunha

APÊNDICE B**Questionário para coleta de dados****QUESTIONÁRIO - IDENTIFICAÇÃO**

Nome _____ Sexo: M () F ()

Estado Conjugal: _____

Comunidade: _____ Tempo de moradia: _____

Ainda trabalha? Sim () Não () Ocupação atual: _____

É aposentado? Sim () Não () Qual o trabalho que realizava? _____

Escolaridade:

Analfabeto () Sabe escrever o nome () Aprendeu por outro meio ()

Primário incompleto () Primário completo () Ginásio incompleto () Ginásio

Completo () Colegial incompleto () Colegial Completo () Outro:

Quantidade de vezes em que consome peixe na semana:

1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 ()

Consome água do rio? Sim () Não () Possui filtro na casa? Sim () Não ()

Consome castanha-do-Pará? Sim () Não ()