

## DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO EM ATUM ENLATADO: EXPLORANDO A MOBILIDADE ELEMENTAR EM PRODUTOS À BASE DE ÁGUA E DE ÓLEO

VICENTE R. T. NETO<sup>1</sup>; JULIA M. OUTEIRO<sup>2</sup>; LARISSA C. A. COSTA<sup>3</sup>; PRICILA N. PINHEIRO<sup>4</sup>; MÁRCIA F. MESKO<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – vic.neto10@gmail.com;

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – juliamaouteiro@gmail.com;

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – cristine.andradec@gmail.com;

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – pricila.nass@gmail.com;

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – marciamesko@yahoo.com.br.

### 1. INTRODUÇÃO

Os peixes constituem uma parte muito importante da dieta humana por proverem uma vasta quantidade de nutrientes que não são substituídos facilmente, como, por exemplo, os ácidos graxos, importantes para a redução do colesterol e dos problemas cardíacos (OKYERE; VOEGBORLO; AGORKU, 2015; AWODI; NWOKEM, 2022). Segundo o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2024), a produção nacional de pescados aumentou 6,2% em 2023 em relação ao ano anterior, atingindo a marca de mais de 655 mil toneladas.

O aumento na demanda e na produção de peixes exige maior desenvolvimento científico e tecnológico, para que esses alimentos tenham maior tempo de prateleira e menor custo, sem afetar suas características organolépticas. Atualmente, existem diversas maneiras de conservação de alimentos, entretanto, pela praticidade de não demandar de sistemas de refrigeração e facilitar o transporte, o enlatamento é um dos procedimentos mais comuns mundialmente utilizado para peixes visando aumentar a vida de prateleira (LIMA, 2022).

Nesse contexto, destaca-se o atum enlatado, por ser fonte de ácidos graxos poli-insaturados essenciais, como o ômega 3 (OKYERE; VOEGBORLO; AGORKU, 2015). Ademais, o atum (*Thunnus sp.*) pode ser considerado um alimento de grande valor para o consumo humano, entretanto, por ser um predador de topo de cadeia, apresenta uma bioacumulação de elementos potencialmente tóxicos, como cádmio (Cd), chumbo (Pb) e mercúrio (Hg) (OKYERE; VOEGBORLO; AGORKU, 2015; VALENTE, 2018). Desses elementos, destaca-se o Hg pois apresenta diferentes formas – elementar, inorgânica ou orgânica – e todas elas apresentam toxicidade ao ser humano e ao meio ambiente (BAËTA, 2004).

A maior preocupação referente ao Hg se dá pelo maior potencial toxicológico de suas formas orgânicas, principalmente o metilmercúrio (CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>). Essas espécies possuem maior facilidade de serem absorvidos pelos organismos, facilitando sua bioacumulação e biomagnificação, fazendo com que os organismos de topo de cadeia apresentem maiores concentrações do contaminante (BAËTA, 2004; OKYERE; VOEGBORLO; AGORKU, 2015). Devido à alta capacidade de absorção e acumulação deste elemento, a quantidade de Hg presente nos tecidos dos peixes é um importante indicador de contaminação ambiental. Além disso, os pescados são considerados a principal fonte do contaminante para os seres humanos (LAZARINI; MILANI; MORGANO, 2019), sendo extremamente importante a sua determinação, a fim de comparar com a legislação vigente que prevê 0,5 mg kg<sup>-1</sup> em peixes não predadores e 1,0 mg kg<sup>-1</sup> em peixes predadores, e calcular potenciais riscos à saúde (ANVISA, 2013).

Usualmente utilizam-se para a determinação de mercúrio total técnicas como, espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (GFAAS), ou vapor frio

(CVAAS), espectrometria de fluorescência atômica com geração de vapor frio (CVAFS) e análise por ativação de nêutrons (AAN) (BAËTA, 2004; BARCELOS, 2015). Ultimamente, a técnica de espectroscopia de absorção atômica com decomposição térmica/amalgamação (TDA AAS), descrita no método 7473 da EPA (EPA, 2007), vem ganhando destaque pelo seu caráter seletivo, assegurando uma maior sensibilidade, além de dispensar o preparo de amostra, assim evitando maiores contaminações, perdas de analito e uso de reagentes concentrados. Esse é o caso do Analisador Direto de Mercúrio (DMA-80), que decompõe térmica e quimicamente a amostra em um forno de decomposição com fluxo de oxigênio, posteriormente os produtos são transportados até a amálgama, que retém seletivamente o Hg, então o fluxo de oxigênio arrasta o vapor até as células de absorção. O equipamento trabalha com três faixas de trabalho, uma para baixas concentrações (de 0 a 10 ng de Hg), outra para médias (10 a 20 ng) e outra para altas (de 20 a 1000 ng de Hg) (TORRES, 2013).

Embora seja uma técnica extremamente sensível, que dispensa o preparo de amostra com reagentes oxidantes, não há na literatura muitos registros de utilização do DMA para análise de peixes enlatados, tendo sido utilizado por LAZARINI; MILANI; MORGANO (2019) apenas para sardinha. Portanto, o presente estudo tem como objetivo determinar a concentração de Hg em atum enlatado armazenados em água e óleo. Posteriormente, pretende-se avaliar a possível migração do Hg para o óleo e/ou água utilizados para a conservação desses alimentos, por meio da avaliação desses líquidos, e utilizar dessas informações para determinar o quociente de risco alvo (THQ).

## 2. METODOLOGIA

Inicialmente, adquiriu-se amostras de atum enlatado em óleo e água, de duas marcas nacionais diferentes. Posteriormente, com auxílio de uma peneira, previamente descontaminada com solução de ácido nítrico 5%, retirou-se o líquido presente nas latas, coletando-os em tubos falcons para posteriormente serem analisados. Em sequência, as amostras foram secas em estufa a 80 °C, até atingir peso constante, na sequência foram moídas em um moinho de facas, para torná-las mais homogêneas.

Para o desenvolvimento do método foi avaliada a massa máxima a ser decomposta no equipamento (DMA-80 EVO, Milestone, Itália), sendo testadas massas de 20 a 30 mg. Para a avaliação dessas massas, foi utilizado um programa de decomposição das amostras recomendado pelo fabricante do equipamento, descrito na Tabela 1 (MILESTONE, 2019).

**Tabela 1** – Parâmetros operacionais DMA-80 EVO.

| <b>Etapa</b> | <b>Tempo (h:min:s)</b> | <b>Temperatura (°C)</b> |
|--------------|------------------------|-------------------------|
| 1            | 00:01:30               | 200                     |
| 2            | 00:02:00               | 660                     |
| 3            | 00:01:30               | 660                     |

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vista a alta concentração de Hg apresentada nos testes de massa, optou-se por utilizar 20 mg de atum em água e 30 mg de atum em óleo. Foram realizadas as determinações de Hg total para amostras de atum em água (AA) e atum em óleo (AO) e os dados estão expressos na Tabela 2.

**Tabela 2** – Concentração de mercúrio ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em base seca, obtidos para as amostras analisadas no DMA-80 EVO (média  $\pm$  desvio padrão,  $n = 3$ ).

| Amostra | Concentração ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | RSD (%) |
|---------|--------------------------------------|---------|
| AA1     | $0,8092 \pm 0,0131$                  | 1,62    |
| AA2     | $0,7490 \pm 0,0075$                  | 1,00    |
| AO1     | $0,4459 \pm 0,0128$                  | 2,86    |
| AO2     | $0,4916 \pm 0,0043$                  | 0,88    |

Foi possível observar que todas as amostras apresentam concentrações abaixo de  $1 \text{ mg kg}^{-1}$ , demonstrando conformidade com a legislação brasileira (ANVISA, 2013). Entretanto, é de extrema importância que o estudo realize a comparação com sardinhas enlatadas e utilize o THQ para avaliar o real impacto da presença desse contaminante nos pescados.

Ademais, os resultados demonstram uma tendência de diminuição da concentração de Hg nas amostras armazenadas em óleo. Há relatos na literatura sugerindo que a presença do contaminante pode estar associada às suas formas orgânicas, que apresentam maior potencial tóxico, e maior solubilidade em solventes apolares (BAËTA, 2004; OKYERE; VOEGBORLO; AGORKU, 2015). Desse modo, surge a necessidade de analisar os líquidos utilizados no acondicionamento das amostras de atum e realizar a análise de especiação, a fim de confirmar a hipótese.

Por fim, destaca-se a precisão do método, apresentando baixos desvios entre as replicatas, resultando em baixos valores de RSD. Entretanto, ressalta-se a necessidade de fazer a validação do método, determinando outros fatores importantes como o LOD, LOQ, análise de CRM, e ensaios de recuperação.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base no exposto, identifica-se um forte campo para estudos dentro das análises ambientais e de alimentos, ressaltando-se a investigação do TDA AAS para determinação de Hg em atum enlatado e, posteriormente, para a análise de especiação.

Desta forma, com base no estudo apresentado, pretende-se efetuar a validação do método avaliando parâmetros como: *i*) Coeficiente de correlação de Pearson (R); *ii*) avaliação de material de referência certificado (CRM) de músculo de peixe (ERM-BB422); *iii*) limite de detecção (LOD); *iv*) limite de quantificação (LOQ) e, *v*) ensaios de adição e recuperação do analito. Após, o método avaliado será aplicado para amostras de sardinha e, a partir das concentrações obtidas, será feito o cálculo do coeficiente de risco alvo (THQ).

Além disso, observa-se pontos possíveis de serem explorados posteriormente, como a avaliação dos fluidos utilizados no acondicionamento e especiação do Hg.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAËTA, A. P. **Mercúrio Total e Metilmercúrio em Tecidos de Diferentes Espécies de Peixes na Baía de Guanabara**, 2004. (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Química, PUC RJ, Departamento de Química.

BARCELOS, J. de S. **Determinação de mercúrio em amostra de tecido de peixe por espectrometria de absorção atômica com geração química de vapor (CVG AAS) e espectrometria de fluorescência atômica (AFS)**. 2015. Trabalho de

Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013*. Diário Oficial da União, Brasília, 30 ago. 2013. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042\\_29\\_08\\_2013.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html). Acesso em 17 ago. 2025.

IBE A.; NWOKEM, C. N. Determination of trace metal, fat content and iodine value in canned fishes; sardine (*Sardinella brasilienses*) and mackerel (*Scomber scombus*). **Communication in Physical Sciences**, v. 8, n. 4, 2022.

LAZARINI, T. E. de M.; MILANI, R. F.; MORGANO, M. A. Selenium, total mercury and methylmercury in sardine: Study of molar ratio and protective effect on the diet. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, London, v. 54, n. 5, p. 387-393, 2019.

LIMA, N. V. de. **Quantificação e avaliação de risco pela presença de elementos inorgânicos em diferentes amostras de atum enlatado**. 2022. (Tese de Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

MILESTONE. **The Determination of Total Mercury in Fish & Biological Tissues Using Direct Analysis for Mercury Detection**. Itália: Milestone Scientific, 2019.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). Produção aquícola aumenta 6,2 % no Brasil e gera R\$ 10,2 bilhões em 2023. Publicado em 23 set. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/noticias/producao-aquicola-aumenta-16-no-brasil-e-gera-r-10-2-bilhoes-em-2023>. Acesso em 17 ago. 2025.

OKYERE, H.; VOEGBORLO, R. B.; AGORKU, S. E. Human exposure to mercury, lead and cadmium through consumption of canned mackerel, tuna, pilchard and sardine. **Food Chemistry**, Amsterdam, n. 179, p. 331-335, 2015.

TORRES, D.P. **Mercúrio: Validação de método para determinação em peixe e camarão e avaliação da sua distribuição em tecidos de caranguejos e efeito da presença de selênio**, 2013. (Tese de Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Method 7473: Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry. Washington, DC: U.S. EPA, 2007.

VALENTE, L. M. P. Nutrição e alimentação de Peixes. **Revista de Ciência Elementar**, Porto, v. 6, n. 4, 2018.