

MÉTODO DE PREPARO DE AMOSTRA PARA POSTERIOR DETERMINAÇÃO DE MINERAIS EM FARINHA *Eudrilus eugeniae*

ANDRESSA VILKE RUSCH¹; MARIANNE M. S. DE MELO²; LARISSA C. A. DA COSTA²; LICIANE O. DA ROSA²; ÁLVARO R. G. DIAS²; MÁRCIA F. MESKO³

¹Universidade Federal de Pelotas – andressavilke@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – marianne_msmelo@hotmail.com; cristine.andradec@gmail.com; licianecienciasambientais@gmail.com; alvaro.guerradias@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – marciamesko@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, em 2023, foram geradas mais de 80 milhões de toneladas de resíduos orgânicos, de acordo com a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente, das quais menos de 1% são destinados à reciclagem (ABREMA, 2024). Entre as alternativas sustentáveis para aproveitamento desses resíduos, destaca-se a vermicompostagem, processo que resulta na produção de húmus e biomassa de minhocas, a qual podem ser empregadas na fabricação de farinha com alto teor proteico (até 70%) para alimentação animal (JÚNIOR et al., 2021).

Apesar do crescente interesse pelo uso da farinha de minhoca (*Eudrilus eugeniae*) como alternativa proteica e fonte nutricional, observa-se a escassez de dados consistentes sobre sua composição mineral. A maioria dos estudos concentram-se na caracterização dos minerais presentes no vermicomposto e na determinação do teor proteico, evidenciando a necessidade de novos estudos que caracterizem a composição mineral da farinha de minhoca e avaliem seu potencial nutricional no aspecto mineral, e suas possíveis aplicações (JÚNIOR et al., 2021).

Uma das etapas mais críticas para a determinação elementar é a etapa de preparo de amostras, a digestão ácida assistida por micro-ondas (MW-AD) é um método eficiente para a decomposição de amostras biológicas (NASCIMENTO, 2015; MOHAMMED et al., 2017), permitindo um preparo rápido das amostras, quando comparado com o preparo de amostras convencional, com sistema aberto. A MW-AD é um método realizado em frascos fechados e sob condições controladas, os riscos de contaminação são significativamente reduzidos. Além disso, este método de preparo utiliza geralmente o ácido nítrico (HNO_3) pela sua forte ação oxidante, embora em alguns casos, seja necessária a combinação com ácido clorídrico (HCl), dependendo do analito que se pretende determinar. A escolha do preparo depende da composição da amostra, do analito, dos reagentes disponíveis e das especificações do equipamento (MELO & SILVA, 2008; NASCIMENTO, 2015; MOHAMMED et al., 2017).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o método de preparo de amostras, utilizando diferentes soluções digestoras: HNO_3 14 mol L^{-1} , e a mistura de HNO_3 14 mol L^{-1} + HCl concentrado (5:1), para posterior determinação elementar de macro e micronutrientes, utilizando a técnica de espectrometria de emissão ótica com plasma induzido por micro-ondas (MP-AES).

2. METODOLOGIA

Inicialmente, para o preparo das farinhas, as minhocas foram alimentadas com feno, após, foram separadas por peso e tamanho, lavadas com água destilada e secas em liofilizador a -55 °C por 24 horas. Posteriormente, as minhocas liofilizadas

foram cominuídas em moinho de facas e peneiradas até a obtenção da farinha. A MW-AD foi realizada conforme as recomendações do fabricante do forno de micro-ondas, indicado para o preparo de amostras de matrizes alimentares com baixo teor lipídico. A otimização do preparo das amostras foi realizada empregando dois métodos: *i*) 6 mL de HNO_3 14 mol L^{-1} ; *ii*) 5 mL de HNO_3 14 mol L^{-1} combinados com 1 mL de HCl (5:1). Amostras de aproximadamente 300 mg foram transferidas para frascos de quartzo, fechados, inseridos no rotor e submetidas ao seguinte programa de aquecimento: *i*) platô de 600 W por 15 minutos; *ii*) rampa de 15 minutos 1200 W; *iii*) platô de 1200 W por 15 minutos. Após a digestão, os digeridos foram recolhidos e avolumados a 25 mL com água ultrapura e armazenados até o momento da análise.

Foram quantificadas concentrações de micronutrientes minerais, como o Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg) e Sódio (Na), bem como do micromineral Manganês (Mn), utilizando a MIP-OES como técnica de determinação. Todas a determinações foram realizadas em triplicata.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se utilizar o HNO_3 , após as digestões, percebeu-se a formação de sólidos insolúveis de coloração branca no fundo dos frascos de digestão. A presença desse sólido pode corresponder a resíduos minerais, como silicatos, óxidos, sulfetos e carbonato (NASCIMENTO, 2015; MOHAMMED et al., 2017).

Devido a isso, realizou-se a decomposição das amostras com $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ (5:1) para tentar solubilizar os sólidos insolúveis, a fim de avaliar se a presença desses sólidos poderia interferir ou não na quantificação dos analitos. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Concentração de macro e micronutrientes nas amostras de farinha de minhoca obtidas por MIP-OES após MA-WD (média \pm desvio padrão, n=3).

Analitos	HNO_3	$\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ (5:1)
Ca	$8,51 \pm 0,99^a$	$7,77 \pm 0,08^a$
K	$9,73 \pm 0,63^a$	$9,76 \pm 0,07^a$
Mg	$2,21 \pm 0,15^a$	$2,13 \pm 0,01^a$
Mn	$0,13 \pm 0,01^a$	$0,14 \pm 0,001^a$
Na	$2,76 \pm 0,20^a$	$2,31 \pm 0,10^b$

Letras diferenças indicam diferenças estatísticas ($p>0,05$)

Foi possível observar que ao utilizar o HNO_3 associado ao HCl não houve diferença significativa na concentração dos elementos Ca, K, Mg e Mn, independente da combinação de ácidos utilizada. Apenas para o Na foi observada diferença estatística na concentração do elemento. Os resultados foram avaliados utilizando o teste *t Student*, 95% de confiança. Assim, a utilização exclusiva de HNO_3 apresenta-se como a alternativa mais adequada, uma vez que não houve diferença estatística na concentração dos analitos avaliados. Os resultados deste estudo corroboram os achados de Gohlke et al. (2021), nos quais o teor de K nas amostras de farinha de inseto avaliadas variou entre 6 e 8 g kg^{-1} , enquanto o teor de Na apresentou valores entre 2 e 5 g kg^{-1} . Por fim, o teor de Mn variou de 0,08 a 0,11 g kg^{-1} .

Para validar os resultados obtidos, a avaliação da exatidão do método (MW-AD com HNO_3) será realizada. Para isso, serão realizados parâmetros como: limite

de detecção (LOD), limite de quantificação (LOQ), avaliação de material de referência certificado (CRM) e ensaios de adição e recuperação dos analitos.

A partir dos resultados obtidos neste estudo, outros elementos serão avaliados. Além disso, o método será aplicado a diferentes grupos experimentais de farinhas de minhoca obtidas a partir de diferentes formulações dietas formuladas, além de um grupo controle, como o objetivo de avaliar possíveis variações na concentração de macro e micronutrientes dependendo do substrato utilizado na alimentação.

3. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que a farinha de minhoca apresenta concentrações relevantes de macro e micronutrientes, especialmente K, Ca, Na, Mg e Mn, destacando seu potencial como fonte alternativa de minerais. A análise estatística indicou ausência de diferenças significativas entre as combinações de ácidos avaliados. Assim, a utilização exclusiva de HNO_3 se apresenta como promissora e abre possibilidades para outras estratégias de procedimentos de digestão das amostras assim como para a avaliação de outros elementos.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREMA. Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2024**. São Paulo, dez. 2014. Disponível em: file:///C:/Users/dono/Downloads/Panorama_2024_v4.pdf
- JÚNIOR, E. F. S.; SOUZA, V. S.; APOLINÁRIO, M. O.; CAMPOS, A. R. N. Produção de farinha de minhoca através do cultivo das espécies *Eisenia andrei*(Bouché, 1972) e *Perionyx excavatus*(Perrier, 1872) em diferentes tratamentos térmicos. **Educação Ciência e Saúde**, v. 2, n. 1, p. 40-59, jul/dez, 2021. DÓI: <http://dx.doi.org/10.20438/ecs.v8i2.430>
- MELO, L. C. A.; SILVA, C. A. Influence of digestion method and sample mass on the recovery of nutrients in organic residues. Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, CP 3037, 37200-000 Lavras - MG, Brasil. **Química Nova**, 31, vol. 3, 2008. DÓI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000300018>
- MOHAMMED, E; MOHAMMED, T; MOHAMMED, A. Optimization of an acid digestion procedure for the determination of Hg, As, Sb, Pb and Cd in fish muscle tissue. **MethodsX**, vol. 4, 2017, pag. 513-523. DÓI: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2017.11.006>
- GOHLKE, G., PEREIRA, T. C., PADILHA, A. P. F., ANDRIOLLI, C. R., HENN, A. S., PICOLOTO, R. S., MELLO, P. A., & FLORES, E. M. M. (2025). Edible insect analysis: Development of a feasible method for determining potentially toxic elements. **Journal of Food Composition and Analysis**, 144, 107704. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107704>