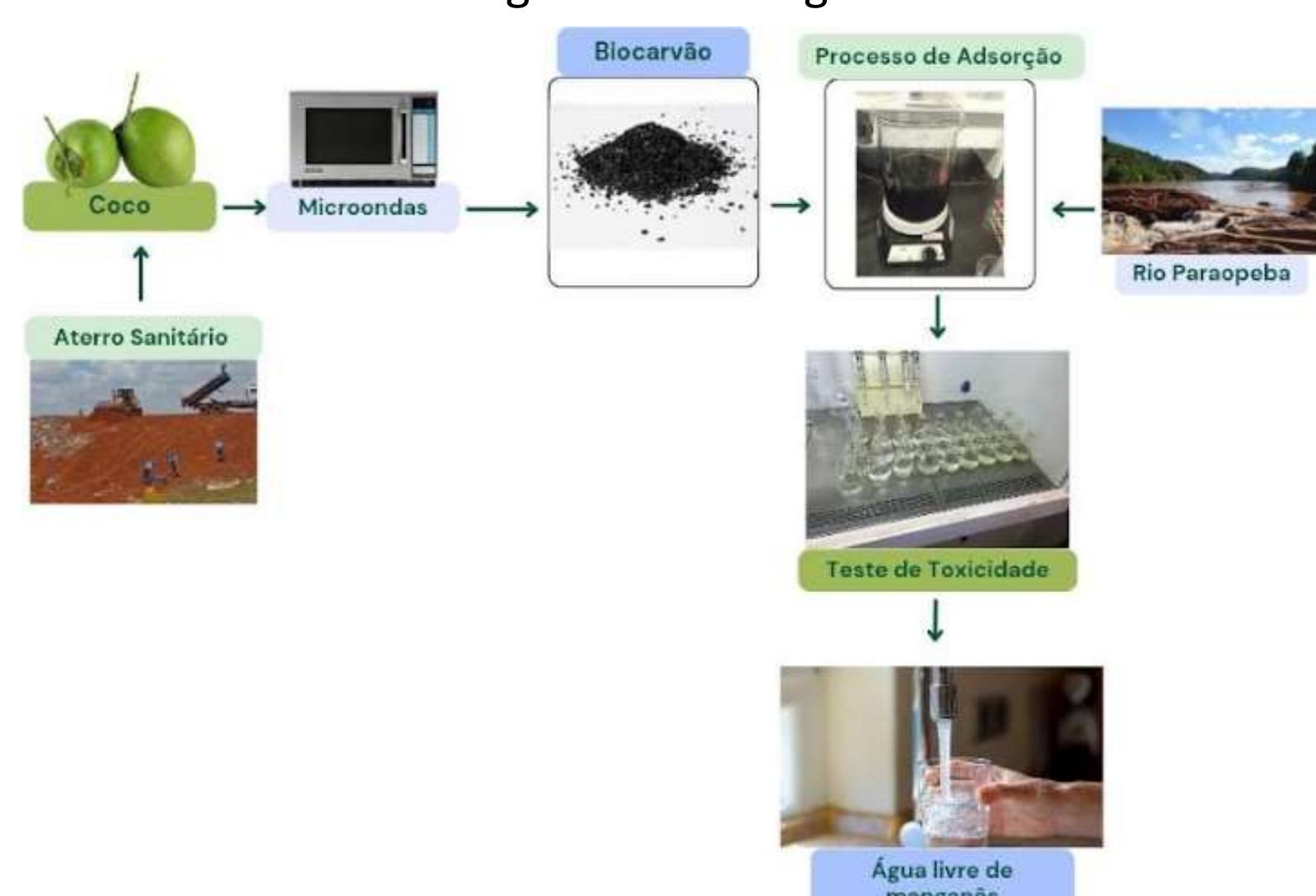


INTRODUÇÃO

Efluentes concentrados em manganês, como os presentes nas barragens de rejeitos de minério de ferro da região do Quadrilátero Ferrífero, são considerados um fator de alto risco ambiental, devido principalmente ao risco ecotoxicológico associado a esse metal. O manganês é um poluente por apresentar propriedades organolépticas e é considerado um metal de difícil remoção devido à sua alta solubilidade, sendo usualmente encontrado em resíduos na forma do íon divalente Mn^{2+} (BRASIL, 2012).

Diversos métodos de tratamento têm sido aplicados em efluentes dessa tipologia, visando o enquadramento na legislação ambiental vigente. Uma possível alternativa para a remoção do manganês é a adsorção/troca iônica, tanto em batelada, quanto em colunas de leito fixo, particularmente quando a concentração de metais é baixa (RAHMAN et al., 2015). Nesse contexto, o presente trabalho descreve a remoção do manganês dissolvido por meio do processo de adsorção/troca iônica, utilizando um biocarvão produzido por micro-ondas a partir da biomassa do coco verde, fruto que tem se tornado um passivo ambiental em aterros sanitários. Além disso, o trabalho avalia o potencial ecotoxicológico do carvão e a remoção da ecotoxicidade, associada ao manganês – por meio da adsorção do metal pelo biocarvão –, utilizando o método de ensaio com a alga verde *Raphidocelis subcapitata* (ABNT NBR 12648/2023) (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma



Fonte - Autores (2024)

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido em cinco etapas:

- 1) Produção do carvão a partir da biomassa do coco verde por micro-ondas (Figura 2);
- 2) Estudo preliminar da cinética do biocarvão X carvão comercial para a adsorção do manganês (Figura 3);
- 3) Caracterização do biocarvão e do carvão comercial através da Fluorescência de Raio X (FRX); A análise do biocarvão e do precursor seguiu com infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), análise termogravimétrica, microscopia eletrônica de varredura (MEV) e ponto de carga zero (Figura 4);
- 4) Realização da cinética e isoterma de adsorção do manganês, além da isoterma de BET (Figura 5); e
- 5) Montagem e análise ecotoxicológica do biocarvão e da solução de Mn^{2+} antes e após a filtração (Figuras 6 e 7).

Figura 2 - Produção do carvão a partir da biomassa do coco verde: A) coco verde; B) carvão do coco verde; e C) carvão granulado



Fonte - Autores (2024)

Figura 3 - Cinética de Adsorção



Figura 4 - Equipamento FRX



Fonte - Autores (2024)

Figura 5 - Isotermas



Figura 6 - Ensaio de Ecotoxicidade



Fonte - Autores (2024)

Figura 7 - Verificação dos Shakers



Fonte - Autores (2024)

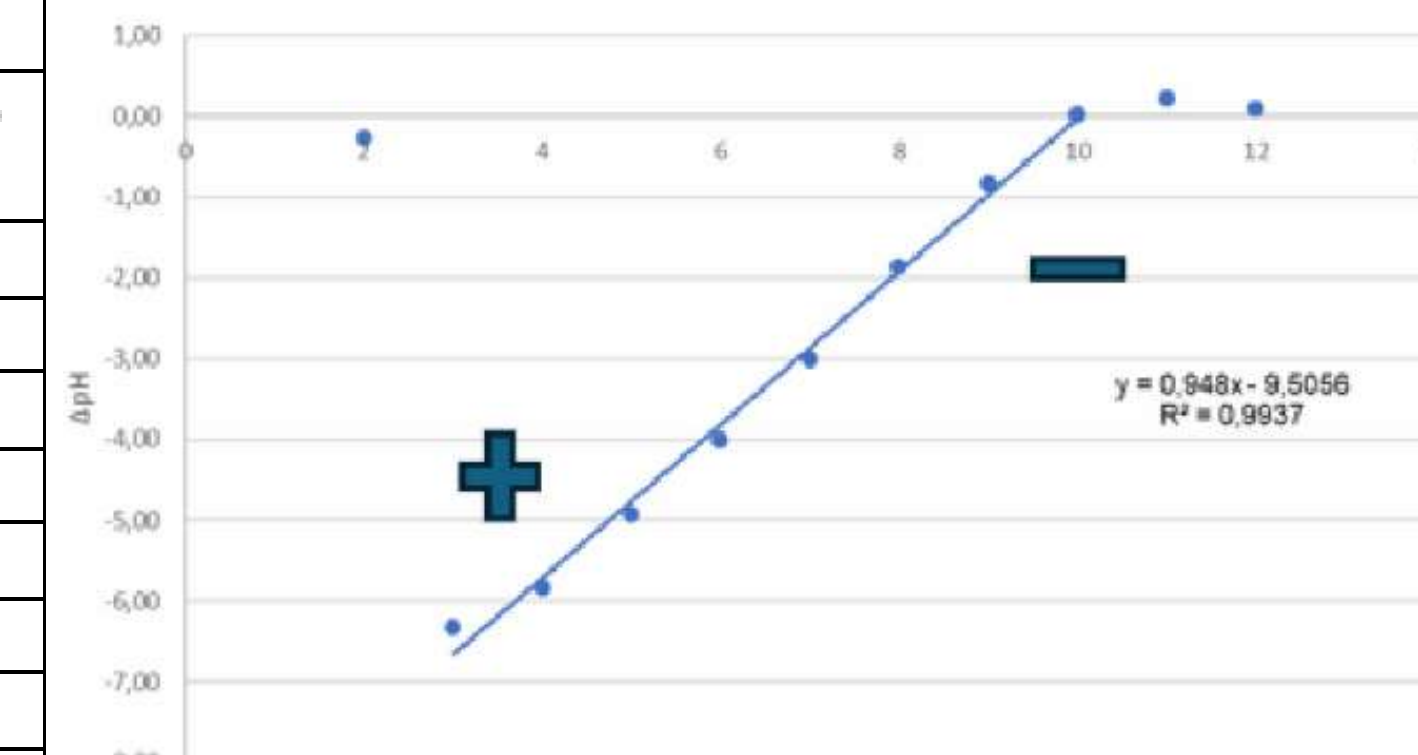
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1 - Resultado do FRX

Bio Carvão		Carvão Comercial	
Componente	Concentração (%)	Componente	Concentração (%)
Si	1.566	Si	8.379
P	1.555	P	2.504
S	0.885	S	0.424
Cl	27.284	Cl	1.515
K	67.393	K	23.151
Ti	0.000	Ti	32.260
Cr	0.004	Cr	0.067
Mn	0.065	Mn	5.649

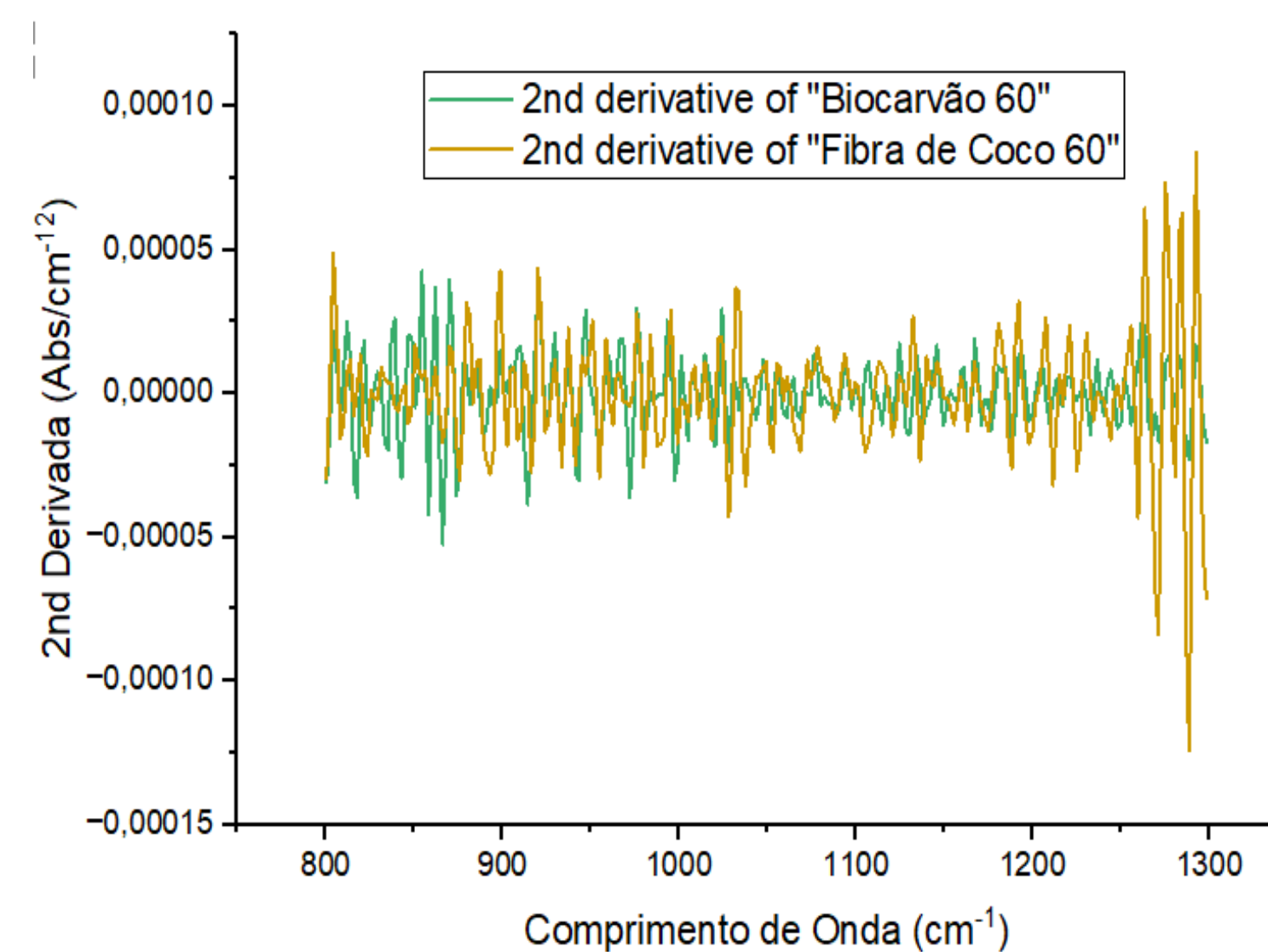
Fonte - Autores (2024)

Figura 8 - Resultado do Ponto de Carga Zero Mesh 60



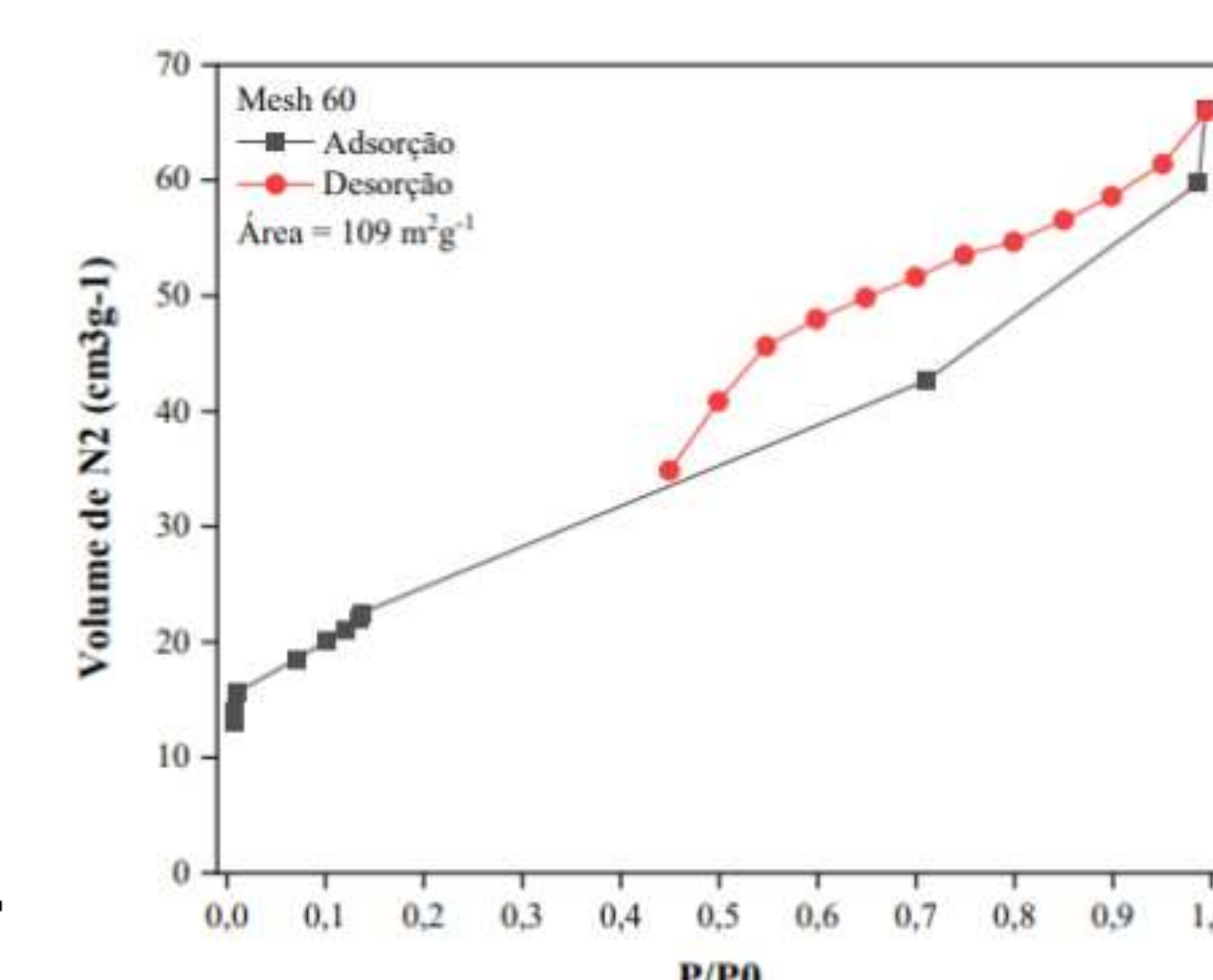
Fonte - Autores (2024)

Figura 9 - Espectroscopia de Infravermelho do Biocarvão e da Fibra de Coco



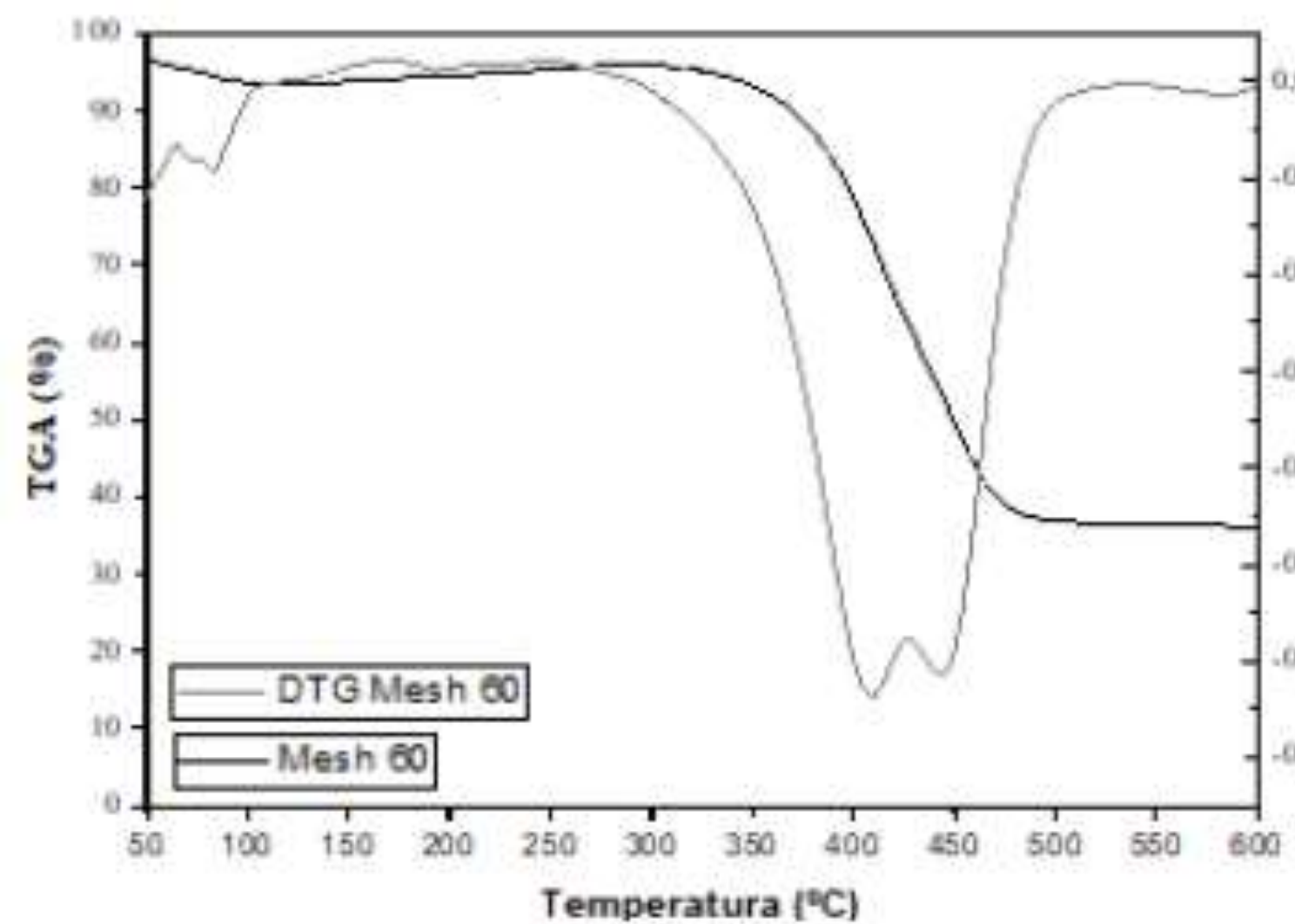
Fonte - Autores (2024)

Figura 10 - Isoterma de Adsorção e Dessorção do Biocarvão pelo Cálculo de BET



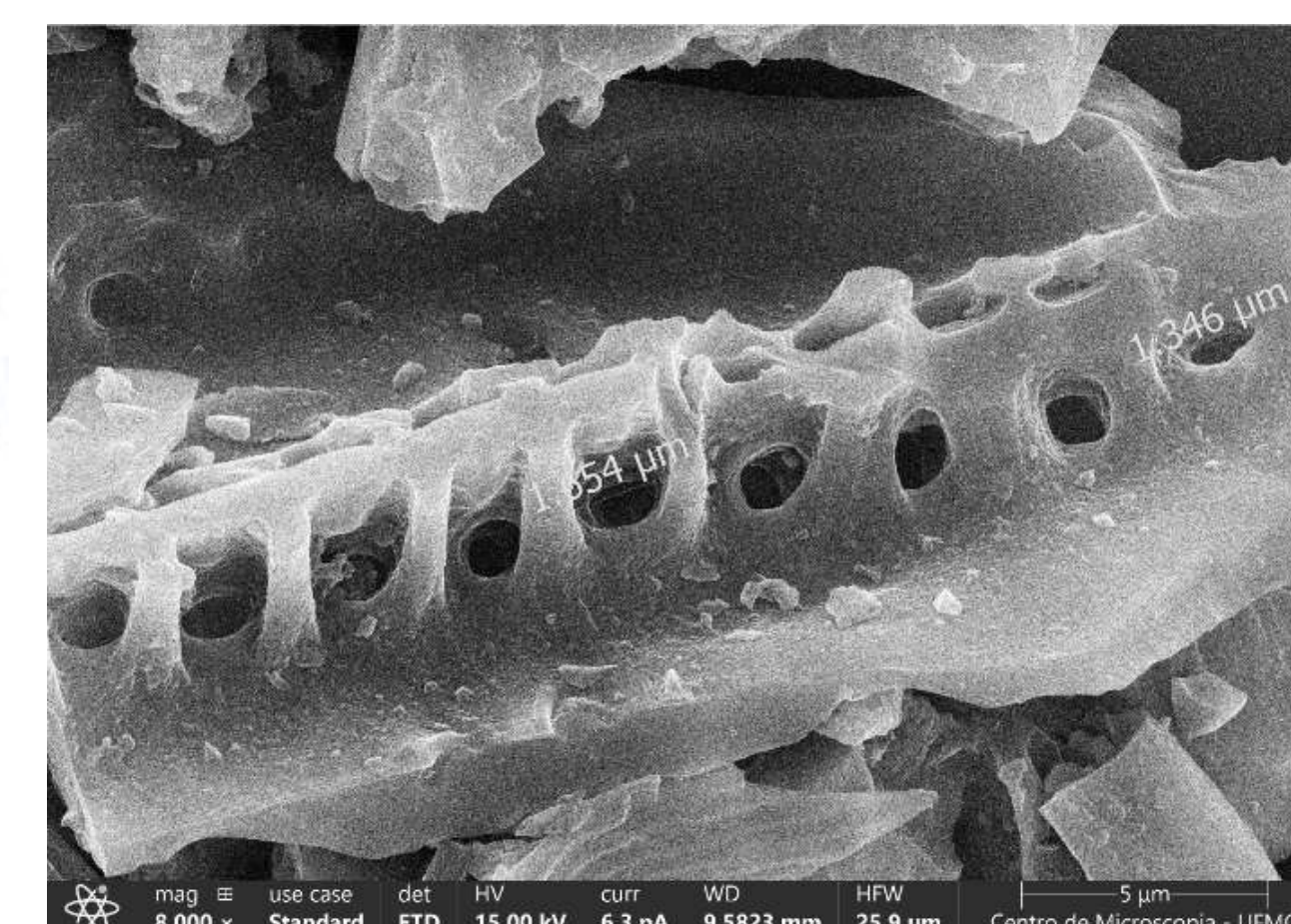
Fonte - Autores (2024)

Figura 11 - Análise Termogravimétrica



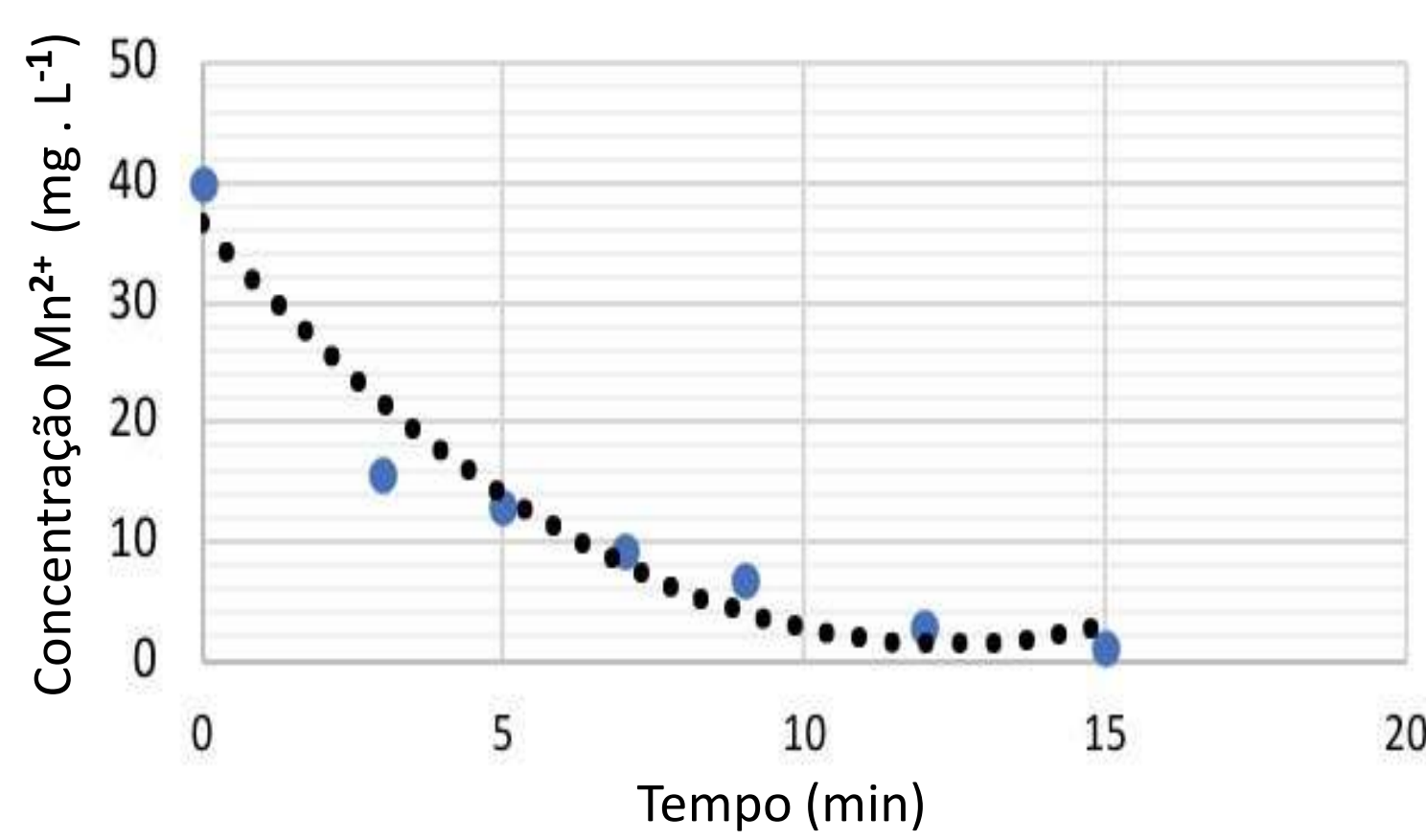
Fonte - Autores (2024)

Figura 12 - Microscopia Eletrônica de Varredura



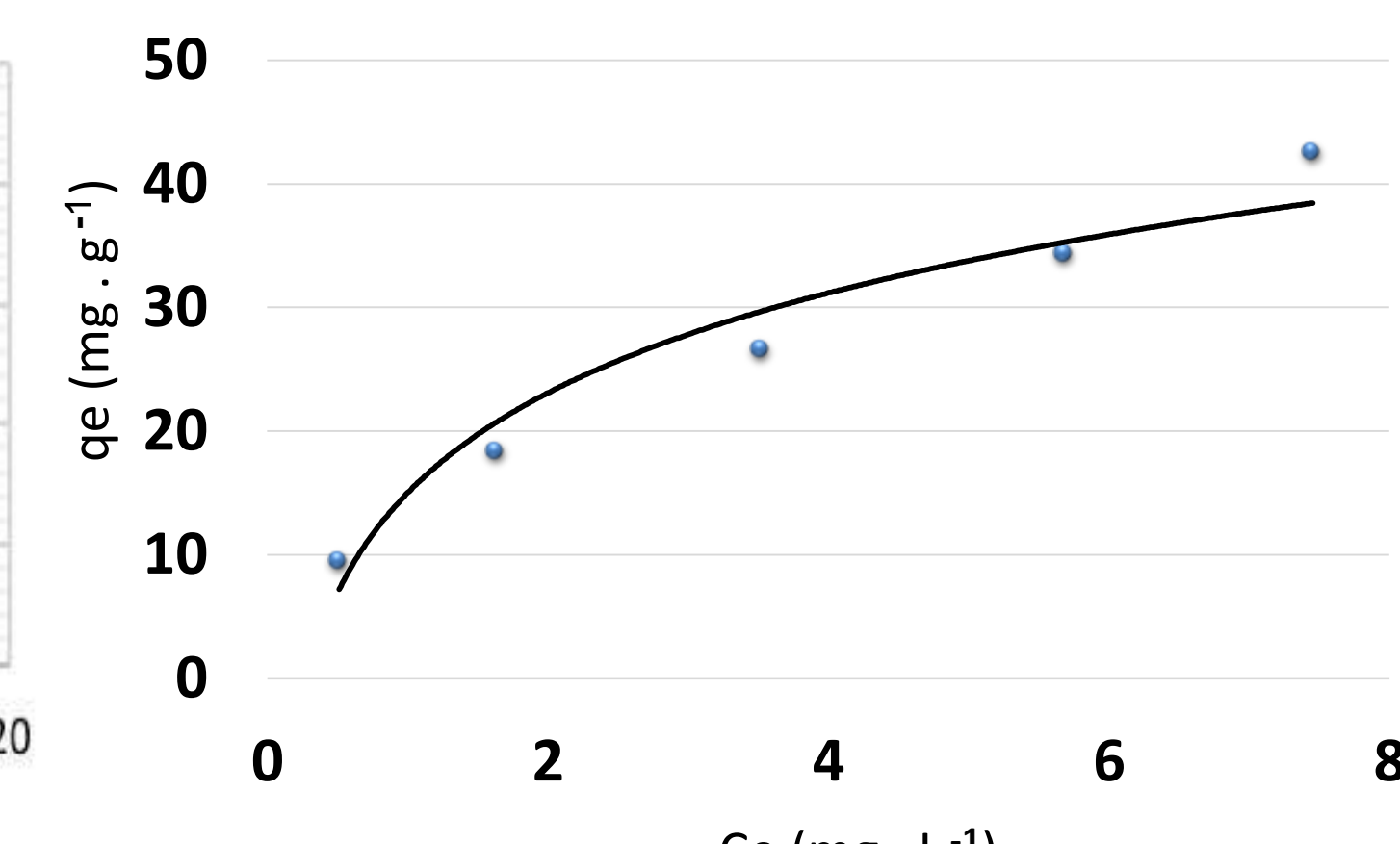
Fonte - Autores (2024)

Figura 13- Cinética do Biocarvão em Relação à Adsorção de Mn^{2+}



Fonte - Autores (2024)

Figura 14 - Isoterma de Adsorção para o Biocarvão



Fonte - Autores (2024)

O teste de toxicidade crônica utilizando a água ultrapura exposta ao carvão, em concentração de $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, buscando avaliar um possível arraste de contaminantes pelo biocarvão, não apresentou toxicidade no ensaio realizado. O modelo *Raphidocelis subcapitata* se mostrou um organismo-teste apropriado para avaliar a toxicidade dessa matriz de contaminante, tendo revelado efeitos toxicológicos para a solução de Mn^{2+} pré-adsorção ($FT \geq 128$), e redução da toxicidade após a adsorção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a toxicidade do manganês à saúde humana e aos ecossistemas aquáticos, os resultados apresentados neste trabalho indicam a eficiência do biocarvão na adsorção do Mn^{2+} , com redução da toxicidade. A alternativa de tratamento promove a valorização do resíduo do coco, através da economia circular por uma nova rota tecnológica: a pirólise assistida por micro-ondas. Além disso, cumpre com a meta do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6 da Organização das Nações Unidas. Por fim, como projeto futuro, visa-se o teste em leito fixo com o biocarvão e a utilização de águas superficiais.

REFERÊNCIAS

- Brasil. Ministério da Saúde. Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2012. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União. 2012.
- Rahman SM, Kiplier M, Ahmed S, Palm B, El Arifeen S, Vahter M. Manganese exposure through drinking water during pregnancy and size at birth: A prospective cohort study. Reproductive Toxicology (Elmsford, N.Y.). 2015;53:68-74.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12648/2023: Ecotoxicologia aquática: toxicidade crônica – método de ensaio com algas (*Chlorophyceae*). Rio de Janeiro, 2023b. 35 p.