



REMEDIÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS POR Pb^{2+} COM BIOCARVÃO DE SEMENTE DE UVA: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL FRENTE À CRISE HÍDRICA

Adnivia Santos Costa Monteiro; Honnara Santos Granja; Thauane Menezes Vasconcelos; Thizá Vitória Sacramento Silveira; Eduarda Medeiros Silva; José Antônio Nascimento de Melo; Beatriz Silva Santiago; Joel Marques da Silva; Lisiane dos Santos Freitas; Helenice Leite Garcia; Silvânio Silvério Lopes da Costa & Carlos Alexandre Borges Garcia.

adniviacosta@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

- Metais potencialmente tóxicos (MPTs) são uma das principais preocupações ambientais, devido à sua persistência, toxicidade mesmo em baixas concentrações e bioacumulação em organismos.
- A contaminação hídrica por MPTs é agravada por fontes antropogênicas, como atividades agrícolas, industriais e mineradoras, que aumentam os riscos à saúde pública e ao equilíbrio ecológico.
- A crise de escassez hídrica, especialmente no Nordeste brasileiro, reforça a necessidade de tratar e reutilizar águas contaminadas, promovendo soluções eficientes e sustentáveis.
- O biocarvão, material carbonáceo obtido por pirólise de biomassa, possui alta porosidade e grupos funcionais ativos (carboxilas, hidroxilas, fenóis), que favorecem a adsorção de íons metálicos sendo uma alternativa de baixo custo e sustentável para remediação de águas contaminadas.
- **Objetivo do trabalho:** produzir biocarvões a partir da pirólise das sementes de uva, proveniente das vinícolas (≈ 160 mil toneladas/ano) e avaliar sua eficiência na remoção de íons Pb^{2+} em soluções aquosas. A presença de chumbo em águas potáveis e efluentes representa risco à saúde pública por sua alta toxicidade e bioacumulação na cadeia alimentar.

2. MATERIAIS E METODOS

As sementes de uva foram coletadas na Vinícola Rio Sol (Vale do São Francisco, PE) em parceria com o Laboratório de Análises Cromatográficas (LAC) (Granja et al., 2025). Após separação de resíduos, lavagem e secagem por 24 h, as sementes foram trituradas em moinho de facas. A biomassa foi pirolisada a 350 °C e 400 °C por 60 minutos sob fluxo de nitrogênio (5 mL min^{-1}). Os biocarvões produzidos foram nomeados de BSU350 e BSU400, respectivamente.

O material obtido foi então submetido a uma série de análises para caracterização:

- **Análise Elementar (CHN):** Determina a composição percentual de Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio, crucial para entender a qualidade do biocarvão;
- **Ensaio de Adsorção:** foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência de diferentes variáveis operacionais sobre a eficiência de remoção do chumbo, como por exemplo, o efeito do pH da solução, da concentração inicial do metal e da temperatura de pirólise. Os testes foram realizados em batelada, mantendo-se constante a massa de adsorvente e o volume da solução.
- **Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV):** Permite visualizar a microestrutura da superfície do biocarvão, fornecendo insights sobre sua porosidade e morfologia.

4. CONCLUSÕES

Os biocarvões produzidos a partir de sementes de uva, especialmente a 400 °C e em pH 5, demonstraram alta eficiência na remoção de metais potencialmente tóxicos, atingindo até 95% de remoção e capacidades de adsorção superiores a $3,8 \text{ mg g}^{-1}$.

A utilização desses biocarvões representa uma alternativa ambiental e socioeconomicamente viável, ao promover o reaproveitamento de resíduos das vinícolas e contribuir para a sustentabilidade.

O estudo mostra alinhamento com os ODS 6 e 12, reforçando o potencial da tecnologia para ser aplicada em sistemas reais e ampliada para a remoção de outros metais.

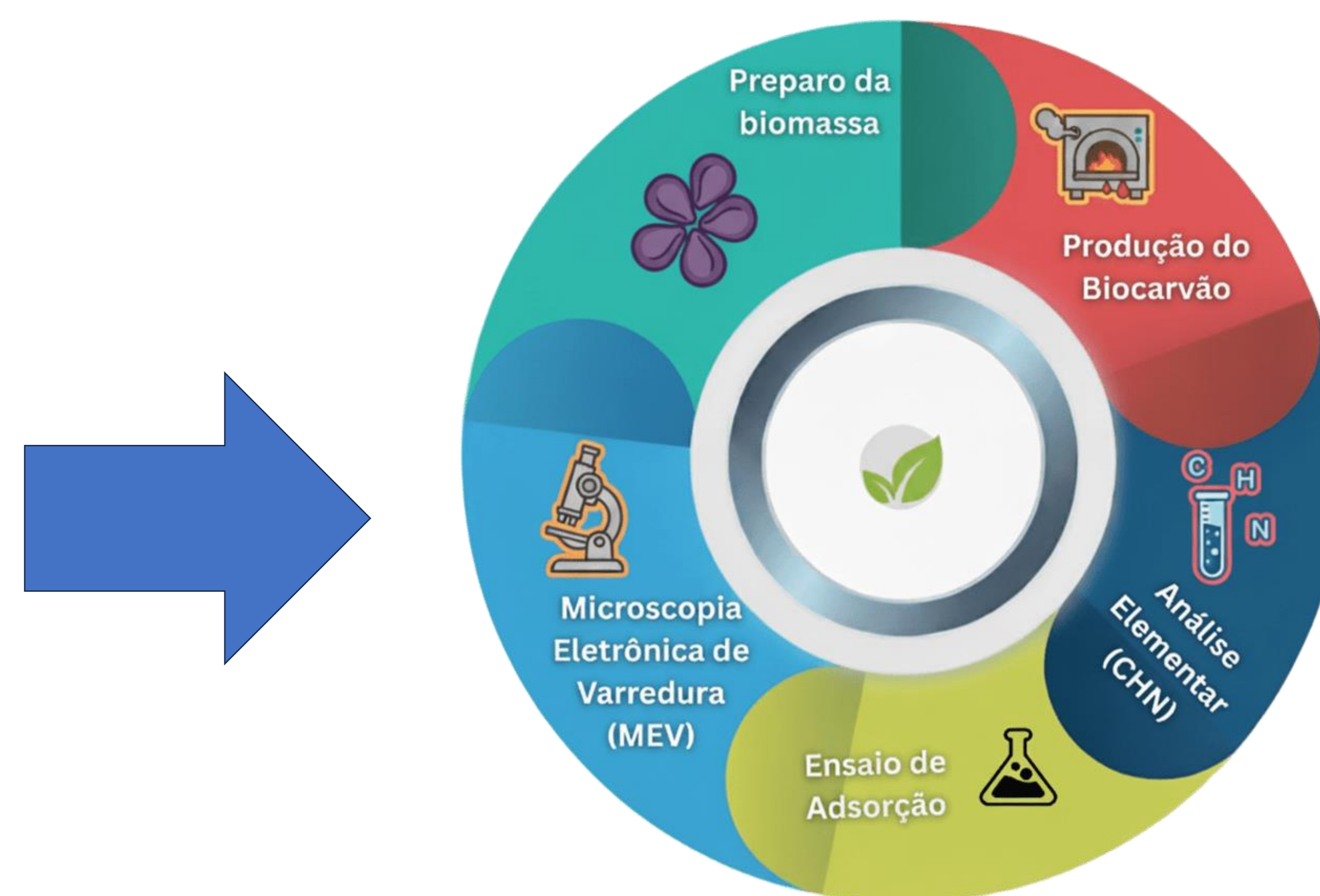


Figura 1. Resumo gráfico do processo de obtenção e caracterização do biocarvão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

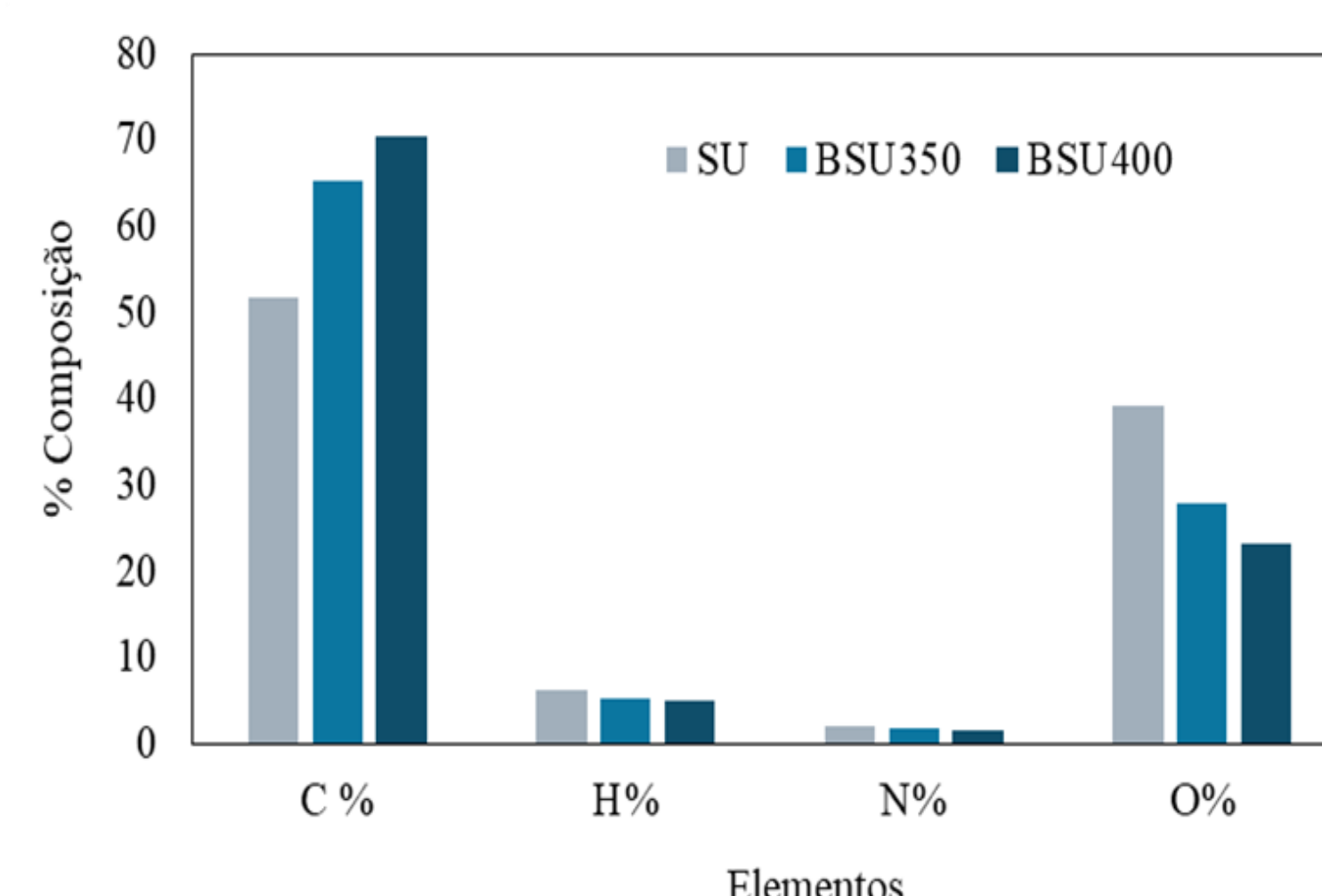


Figura 2: Resultados da composição elementar (percentual) dos componentes elementares da semente de uva e dos biocarvões obtidos a 350°C e 400 °C

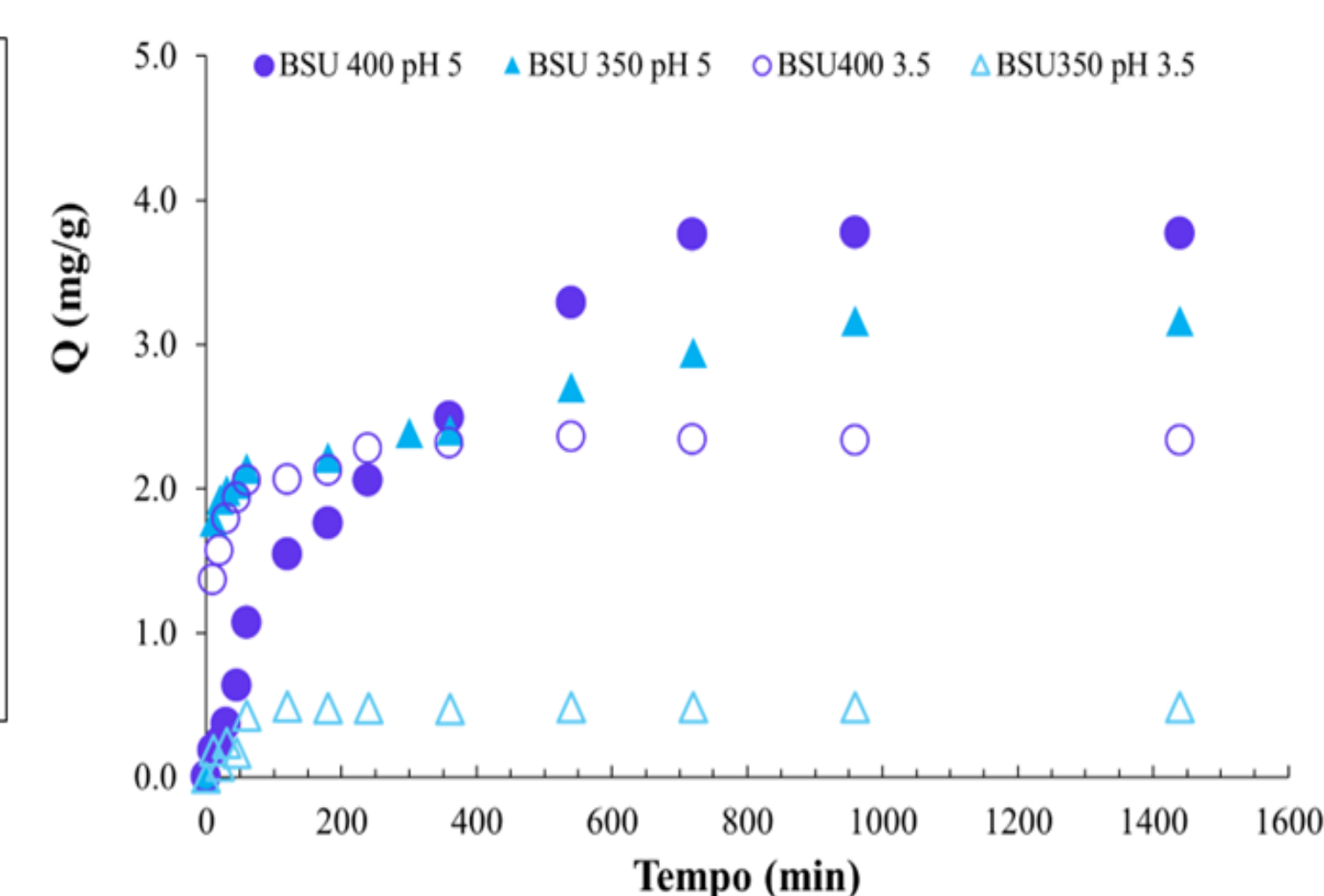


Figura 3: Cinética de adsorção para a remoção de Pb^{2+} pelos diferentes biocarvões preparados a partir de sementes de uva (BSU) nas temperaturas de pirólise (350 °C e 400 °C) e pH (3,5 e 5).

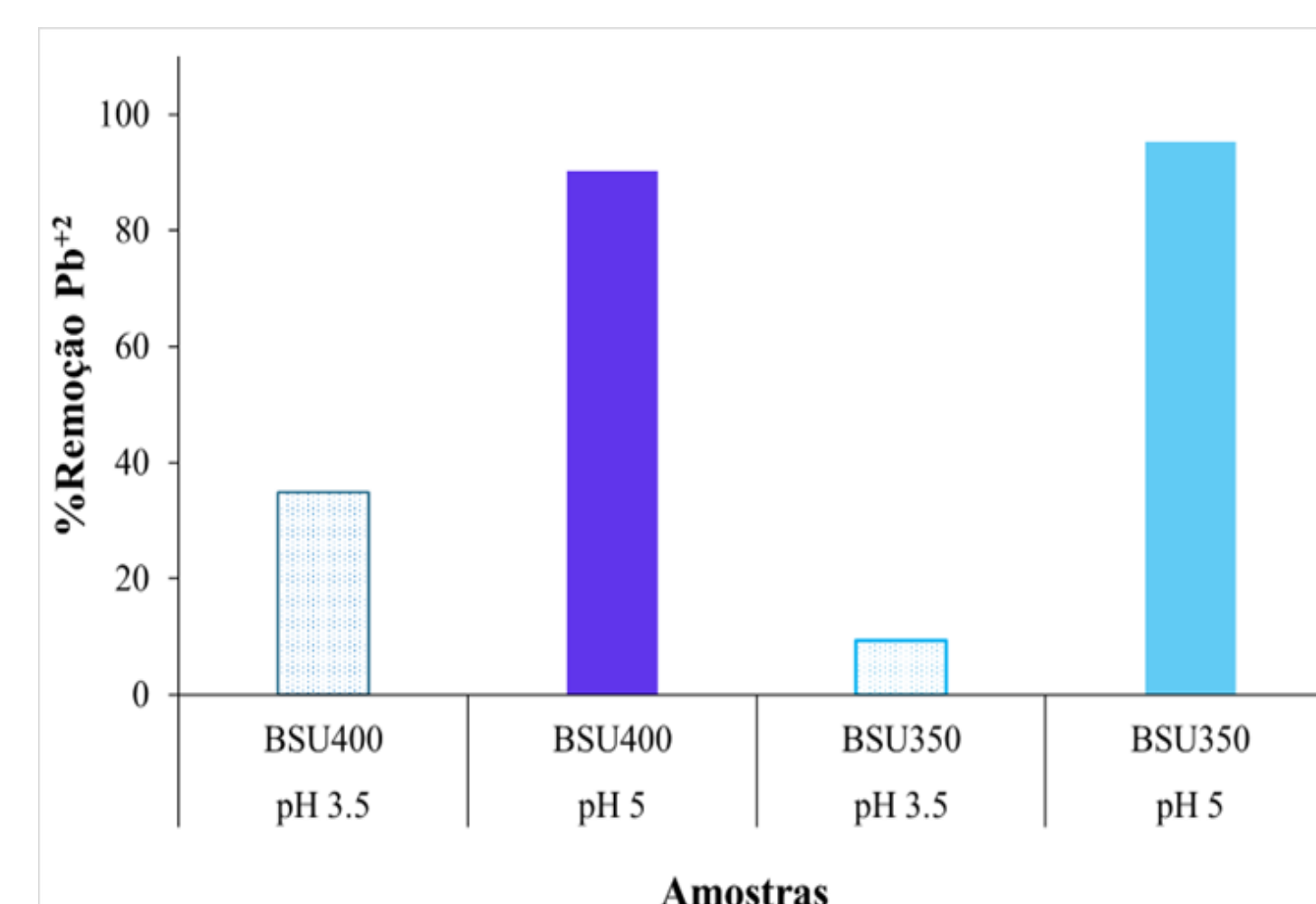


Figura 4: Eficiência de remoção de íons Pb^{2+} por biocarvões produzidos a partir de sementes de uva (BSU) nas temperaturas de pirólise (350 °C e 400 °C) e pH (3,5 e 5).

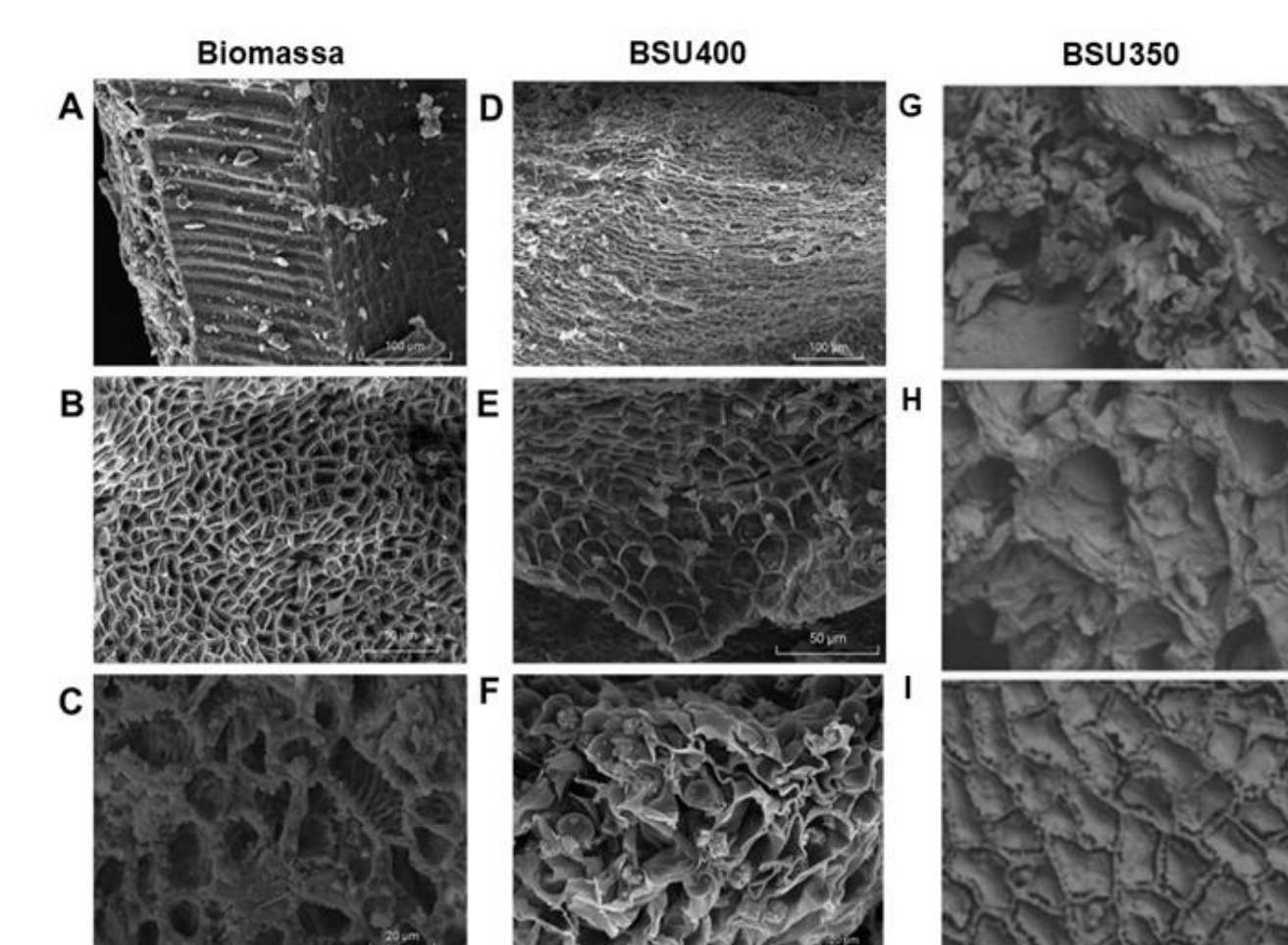


Figura 5: Micrografias da biomassa (A - C), do biocarvão (D - F) e do nanbiocarvão (G - I) obtido a 400 °C em magnitudes de 700, 1500 e 3000 vezes em diferentes regiões.

A pirólise das sementes de uva promoveu aumento do teor de carbono (até 70,3% no BSU400) e redução de hidrogênio e oxigênio, indicando maior carbonização e eliminação de grupos funcionais. As micrografias mostraram que os biocarvões apresentaram elevada porosidade favorecendo a adsorção. Nos testes com Pb^{2+} , o pH 5 resultou nas maiores eficiências ($\approx 95\%$ para BSU350 e $\approx 90\%$ para BSU400), enquanto em pH 3,5 o desempenho caiu drasticamente. A cinética indicou rápida adsorção inicial e equilíbrio após 720 min para o BSU400 pH 5, com capacidade máxima de $3,8 \text{ mg g}^{-1}$.

6. REFERENCIAS

- GRANJA, HONNARA S.; SILVA, JONATAS DE OLIVEIRA S.; ANDRADE, YASMINE B.; FARRAPEIRA, RAFAEL O.; SUSSUCHI, ELIANA M.; FREITAS, LISIANE S. (2025). "Emerging Carbonaceous Material Based on Residual Grape Seed Applied in Selective and Sensitive Electrochemical Detection of Fenamiphos". Talanta, v. 281, pp. 126784.
- GONTIJO, Erik S. J.; MONTEIRO, Adnivia Santos Costa; ROSA, A. H. *Especiação de Metais e Metaloides em Ambientes Aquáticos: Conceitos, Técnicas e Aplicações*. v. 9, p. 1–20, 2017.
- JIN, QING; WANG, ZIXUAN; FENG, YIMING; KIM, YOUNG-TECK; STEWART, AMANDA C.; O'KEEFE, SEAN F.; NEILSON, ANDREW P.; HE, ZHEN; HUANG, HAIBO. (2020). "Grape Pomace and Its Secondary Waste Management: Biochar Production for a Broad Range of Lead (Pb) 34 Removal from Water". Environmental Research, v. 186, pp. 109442.

AGRADECIMENTOS

