cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Purificação de grafite proveniente da reciclagem de baterias automotivas íon-Li do tipo NMC via lixiviação ácida

Biazus, B. P. (1)*; Da Silva, A. J. N. (1); Camargo, P. S. S. (1); Bonan-Gomes, L. (1); Sánchez, F. A. L. (1); Veit, H. M. (1).
1. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGE3M), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Introdução

A crescente demanda por baterias de íons de Lítio (LIBs) impulsiona a busca por processos de reciclagem eficientes e sustentáveis. Destacam-se as rotas hidrometalúrgicas, pela capacidade de recuperar metais de interesse; entretanto, a fração sólida remanescente, é pouco aproveitada. Este trabalho investiga a lixiviação da *black mass* (BM) de baterias NMC e suas implicações na recuperação e preservação estrutural do grafite.

Objetivos

Avaliar a influência da quantidade de ácido sulfúrico usado na purificação da BM e caracterizar as frações sólidas produzidas em termos de estrutura e composição química.

Metodologia

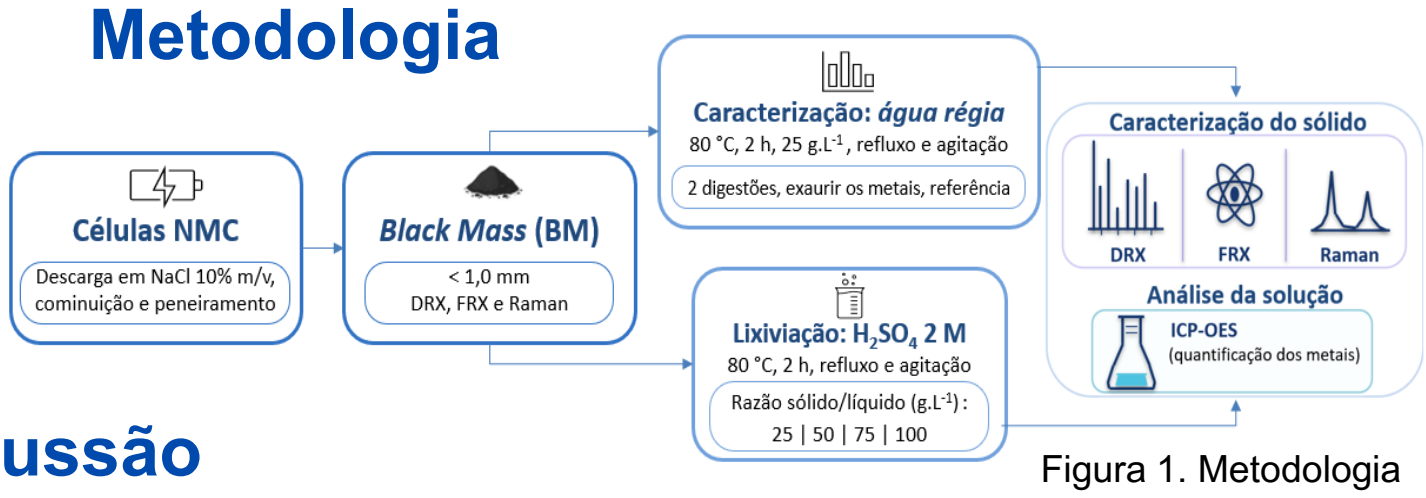


Figura 1. Metodologia

Resultados e Discussão

Elementos como Al, Cu e Fe foram efetivamente removidos da BM.
As análises de FRX indicaram a presença de metais nas frações sólidas lixiviadas por H_2SO_4 2M.

Tabela 1. Nomenclatura e massa de fração sólida pós lixiviação.

Amostra	Água régia (AR)	G25	G50	G75	G100
Razão S/L	25 g.L^{-1}	25 g.L^{-1}	50 g.L^{-1}	75 g.L^{-1}	100 g.L^{-1}
Fração sólida remanescente	37%	47%	48%	48%	51%

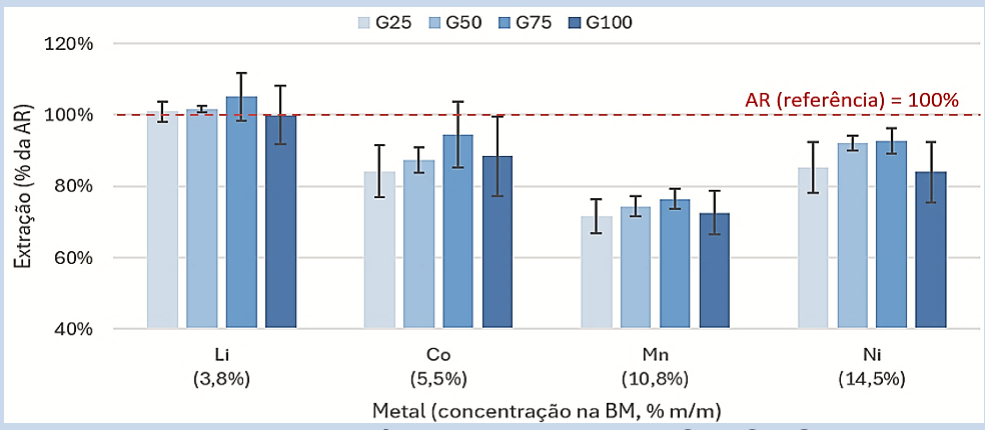
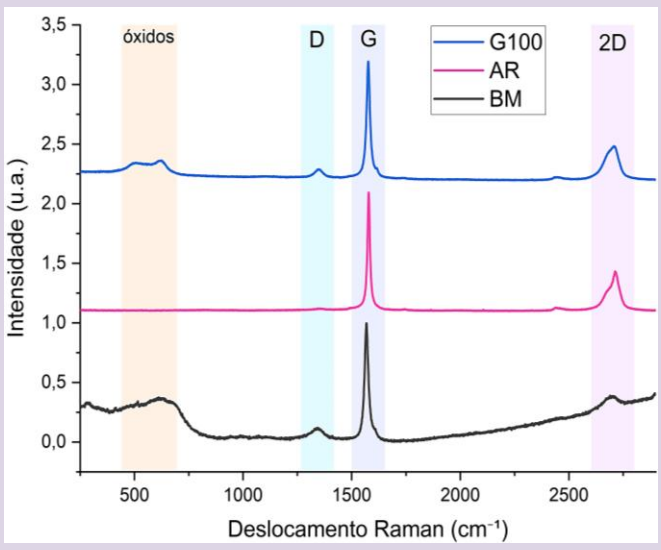


Figura 2. Análise de metais – ICP-OES

Referência de extração: digestão em água régia. Extrações ≥100%, indicativo de remoção total dos metais.



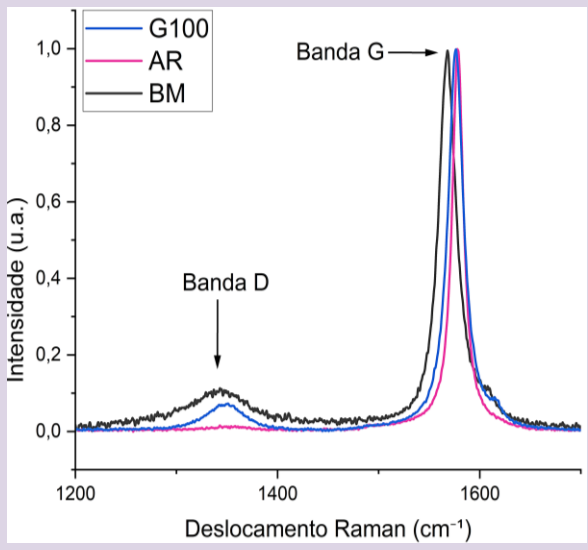


Figura 3. Análise de Raman

Raman: da BM para a G100, a razão ID/IG (área) e o sinal dos óxidos, caem. Na AR a banda D quase desaparece e não há óxidos. A AR gerou o grafite mais ordenado.

DRX: a BM apresenta picos intensos de óxidos metálicos, na AR restam só os picos do grafite, e na G100 os óxidos persistem com baixa intensidade.

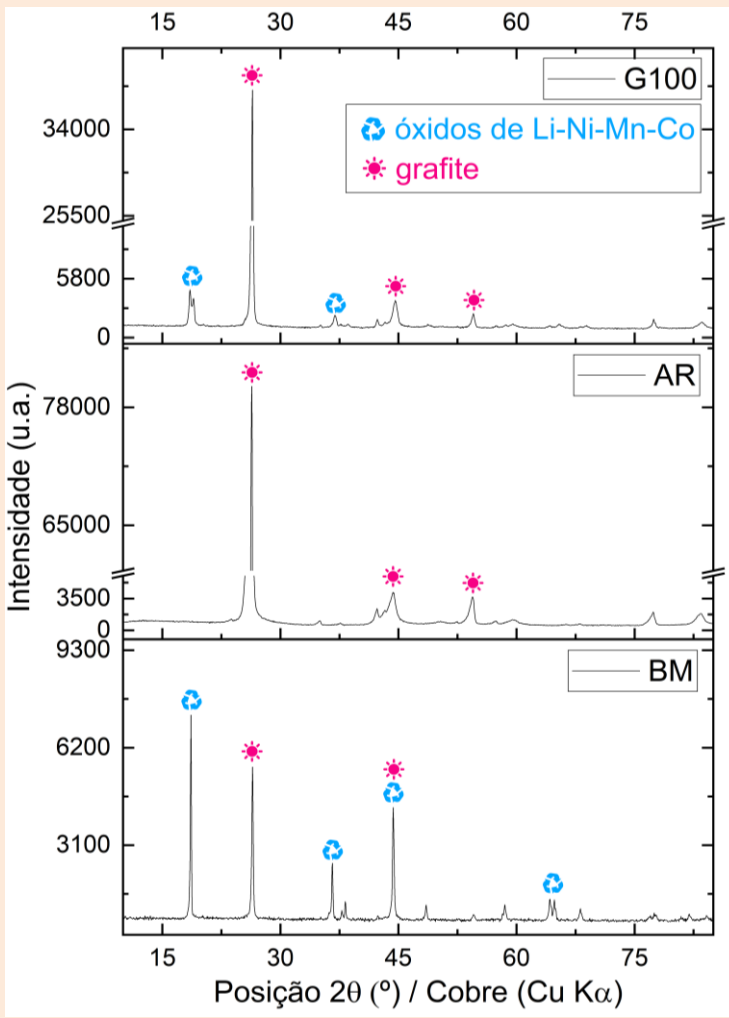


Figura 4. Análise de DRX

Conclusões

O aumento da razão S/L de 25 para 100 g·L^{-1} permitiu processar quatro vezes mais BM, sem alterações expressivas na extração metálica. As amostras lixiviadas com H_2SO_4 apresentam características intermediárias entre AR e BM, apresentando uma maior cristalinidade, mas ainda com a presença de metais.
A presença de contaminantes metálicos após as lixiviações com H_2SO_4 indica a necessidade de etapas complementares de purificação.

Referências

AALTONEN, Miamari et al. Leaching of Metals from Spent Lithium-Ion Batteries. Recycling, v. 2, n. 4, p. 20, 31 out. 2017.
ALCARAZ, Lorena et al. Obtaining and Characterization of Highly Crystalline Recycled Graphites from Different Types of Spent Batteries. Materials, v. 15, n. 9, p. 3246, 30 abr. 2022.
BONDOC, Maria Joriza Cañete et al. Advances in Graphite Recycling from Spent Lithium-Ion Batteries: Towards Sustainable Resource Utilization. Minerals, v. 15, n. 8, p. 832, 5 ago. 2025.

Agradecimentos

CAPES
LACOR LABORATÓRIO DE CORROSÃO, PROTEÇÃO E RECICLAGEM DE MATERIAIS
PPGE3M minas metalúrgica materiais