

SÍNTESE HIDROTHERMAL DE MATERIAL LAMENAR DE COBRE A PARTIR DE *E-wastes*

Rubens C. da Silva¹, Magno S. da Luz², Luciana dos S. Saldanha³, Glayce J. S. da Silva⁴, Igor A. R. Barreto⁵, Yuri da S. Borges⁶, Bruno A. M. Figueira⁷

¹Graduando de Licenciatura em Química (UFPA) - costarubens951@gmail.com

²Graduando de Licenciatura em Química (UFPA) - magnojose198@gmail.com

³Mestranda pelo Instituto de Geociências (UFPA) - saldanha3016@gmail.com

⁴Instituto de Geociências (UFPA) - glaycej@yahoo.com.br

⁵Programa de Pós graduação em Física (UFPA) - igorrochaq@gmail.com

⁶Programa de Pós graduação em Física (UFPA) - yuri.borges@icen.ufpa.br

⁷Professor do Magistério Superior (UFPA) - figueiraufpa@gmail.com

Palavras-Chave: E-wastes, síntese, cobre.

Introdução

E-wastes, também conhecidos como lixos eletrônicos, compreendem um grupo de resíduos sólidos provenientes de diversos aparelhos eletro-eletrônicos (ou partes deles), o qual estima-se que somente em 2025 totalizarão mais de 65,3 milhões de toneladas por metro cúbico, sendo que o Brasil é o 5º país que mais produz esse tipo de resíduo e o que menos recicla (Roy et al., 2022). São materiais sólidos facilmente encontrados em centros urbanos, descartados de forma inadequada e com grande dano ambiental, seja de caráter visual, físico ou químico (Jain et al., 2023).

Atualmente, vários esforços têm sido feitos para reciclagem e gerenciamento destes resíduos, dentre eles um dos mais importantes e promissores é a extração e recuperação de elementos químicos de grande valor tecnológico como alumínio, cobre, prata, ouro, estanho, platina e paládio. Estes elementos podem ser obtidos por processos de hidrometalurgia, pirometalurgia, biohidrometalurgia e lixiviação (Manikandan et al., 2023), e consequentemente serem uma fonte de baixo custo para produção de nanomateriais, catalisadores, adsorventes, fotocatalisadores dentre outros (Roy et al., 2022).

Neste trabalho, apresenta-se um estudo de síntese e caracterização de material lamelar com estrutura tipo gerhardtita (Fig. 1) a partir de cobre presente em lixos eletrônicos descartados inadequadamente em Belém-PA. Gerhardtita é um mineral raríssimo do grupo dos hidróxi-nitrato de cobre formado por camadas de octaedros $\text{Cu}^{\text{II}}\text{O}_6$ que geram um acúmulo de carga positiva nelas, sendo neutralizado pela presença de ânions OH^- e NO_3^- (Lawson et al., 2023).

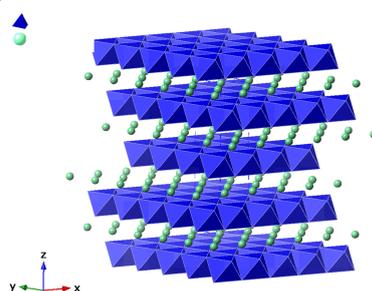


Fig. 1: Ilustração da estrutura gerhardtita.

Material e Métodos

Os E-wastes foram coletados em um local de descarte irregular de lixo na cidade de Belém do Pará. Após os coleta, concentrou-se em fios de cobre encapados com plásticos que foram cuidadosamente removidos com faca. Em seguida, os fios de cobre foram cortados em pedaços menores e adicionados a uma autoclave contendo uma solução de ácido nítrico concentrado, que foi tratada hidrotermalmente até formação de um precipitado azul, sendo posteriormente pulverizado e codificado como RUB-1.

Uma caracterização inicial de RUB-1 foi feita por difratometria de raios-X em um difratômetro de bancada D2Phaser (Bruker). Este equipamento possui um goniômetro de varredura vertical e um tubo de cobre ($\text{CuK}\alpha = 1.5406 \text{ \AA}$) de 400 W de potência, com uma geometria de Bragg-Brentano no modo contínuo, velocidade de varredura de $0,25^\circ / \text{min}$, tendo como sistema de detecção um detector rápido modelo LynxEye. A tensão foi de 30 kV e 10mA, respectivamente. Uma caracterização morfológica com análise química da amostra também foi feita através de microscopia eletrônica de varredura (MEV-EDS) através de um microscópio da Veja Tescan, em condições de análise utilizando imagens secundárias obtidas a 20 KV, com distância de trabalho de 11 mm. O comportamento termal de RUB-1 também foi investigado através de análise TG-DSC em um termoanalisador da NETZSCH (STA 449 F5 Júpiter), com forno cilíndrico vertical, conversor digital acoplado a um microcomputador e um fluxo de N_2 de 50 ml/s.

Resultados e Discussão

A caracterização mineralógica e morfológica de RUB-1 por DRX e MEV-EDS é apresentada na Fig 2. O padrão DRX mostrado na Fig. 1a indicou picos basais $00l$ típicos de materiais em camada próximos a $14,87$ e 30° (2θ) correspondentes aos planos (001) e (002), com distância interlamelar de $6,9 \text{ \AA}$ e tamanho médio de cristalito de 89 nm (equação de Scherrer). Picos DRX adicionais em $34,66$; $38,05$; $39,1$; $41,74$; $42,23$; $45,8$; $47,58$; $49,5$; $51,4$ e $57,3^\circ$ (2θ) e foram bem correlacionados aos planos (140), (012), (201), (150), (221), (231), (132), (061), (202) e (152) de gerhardtita (PDF 01-084-0599). A fotomicrografia de RUB-1 é mostrada na Fig. 2b e sua respectiva composição química. De acordo com os resultados, pode-se afirmar que o material lamelar de cobre é composto por um aglomerado de pétalas bem definidas com tamanho entre 10 a $30 \mu\text{m}$. Vale ressaltar que essa morfologia difere dos nanoanéis de gerhardtita descrita por Wang e Huang (2009). A presença majoritária de cobre, nitrogênio e oxigênio em RUB-1 está de acordo com a fórmula de gerhardtita $\text{Cu}_2(\text{OH})_3(\text{NO}_3)$ (Effenberg, 1983).

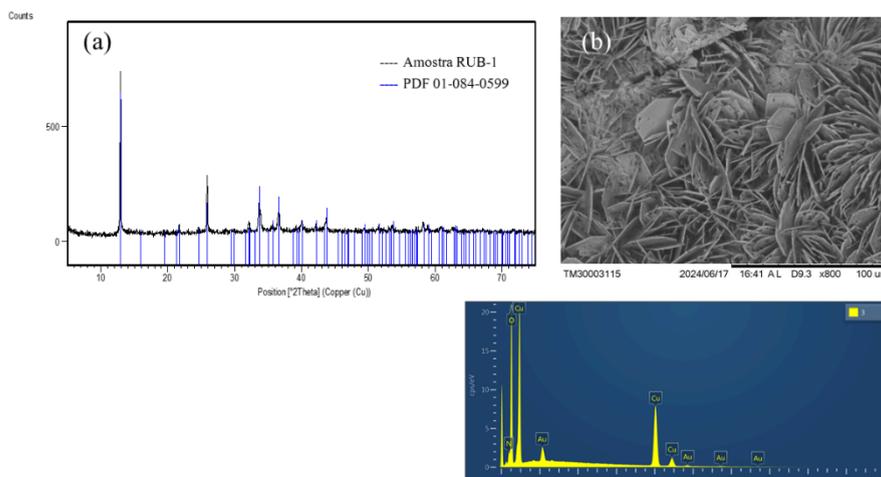


Fig. 2: Padrão DRX (a) e MEV-EDS (b) de RUB-1.

O comportamento termal de RUB-1 foi analisado por TG-DSC (Fig. 3), que revelou a presença de uma intensa perda de massa de 32,5 % acompanhada de um evento exotérmico relacionado a perda gradual de H_2O , NO_2 e O_2 , além de formação de CuO (Wang e Huang, 2009). Cabe ressaltar que a fase CuO se mantém estável até $900^\circ C$, conforme revelado pelo pico exotérmico nesta temperatura com perda de massa de 7,5 %.

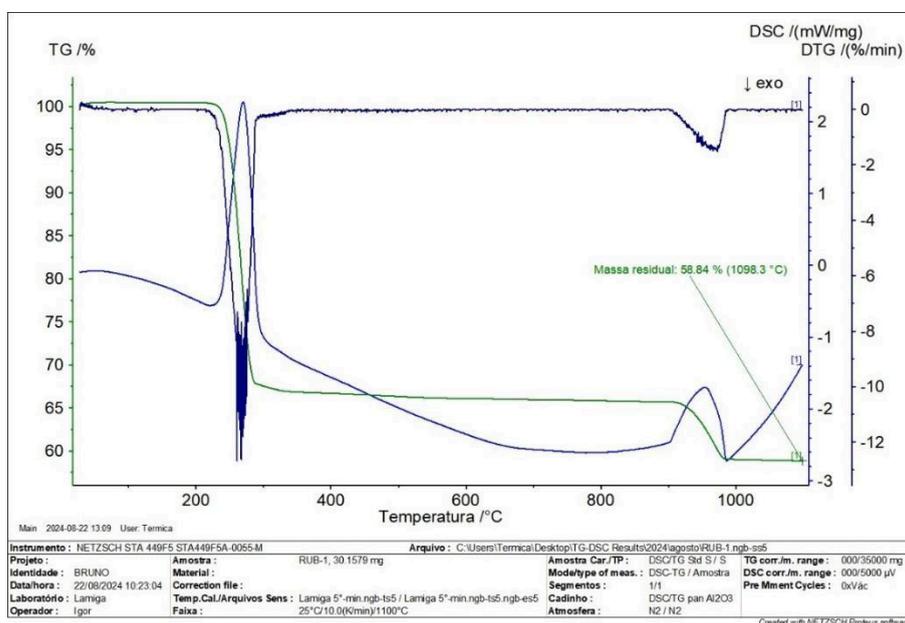


Fig. 3: Curvas TG-DSC-DTG de RUB-1.

Conclusões

Neste trabalho pode-se concluir que lixos eletrônicos podem ser uma interessante matéria prima de baixo custo para a produção de material lamelar de cobre com morfologia em pétalas, que também se mostrou como matriz de CuO , um versátil material de interesse tecnológico.

Agradecimentos



Os autores agradecem o Campus de Ananindeua da UFPA, e o suporte técnico do LCM (UFPA), LAMIGA (UFPA) e MPEG (Belém).

Referências

- Effenberger, H.. "Verfeinerung der Kristallstruktur des monoklinen Dikupfer(II)-trihydroxi-nitrates $\text{Cu}_2(\text{NO}_3)_3(\text{OH})_3$ " Zeitschrift für Kristallographie - Crystalline Materials, vol. 165, no. 1-4, 1983, pp. 127-136.
- Hridoy Roy, Tanzim Ur Rahman, Md. Burhan Kabir Suhan, Md. Rashid Al-Mamun, Shafaul Haque, Md. Shahinoor Islam, A comprehensive review on hazardous aspects and management strategies of electronic waste: Bangladesh perspectives, Heliyon, Volume 8, Issue 7, 2022.
- Lawson, K.; Wallbridge, S. P.; Kirk, C. A.; Dann, S. E. Determination of layered nickel hydroxide phases in materials disordered by stacking faults and interstratification. J. Mater. Chem. A, 11, 789, 2023.
- Muskan Jain, Depak Kumar, Jyoti Chaudhary, Sudesh Kumar, Sheetal Sharma, Ajay Singh Verma, Review on E-waste management and its impact on the environment and society, Waste Management Bulletin, Volume 1, Issue 3, 2023, Pages 34-44,
- S. Manikandan, D. Inbakandan, C. Valli Nachiyar, S. Karthick Raja Namasivayam, Towards sustainable metal recovery from e-waste: A mini review, Sustainable Chemistry for the Environment, Volume 2, 2023, 100001.
- WANG, X-B.; HUANG, L-N. A novel one-step method to synthesize copper nitrate hydroxide nanorings, Transactions of Nonferrous Metals Society of China, Volume 19, Pages 480-484, 2009.