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

Caracterização de nanoplaquetas de rGO depositado em substrato de silício para aplicação em óleo lubrificante mineral

Juliana Ferreira dos Santos[1]; Deborah V. Cesar[2]; Gustavo K. dos Santos[2], Fábio Gatamorta[1]; Carolina P. Garín Correa; Matheus C. Ximenes[1]; Camila A. Pelicarto da Silva[1]; Giovanna Machado[5]; Alberto Nei Carvalho Costa[6]; Alessandro Dias[6]; Jose Brant de Campos[1]; Mila Rosendahl Avelino[1,7]; Suzana Bottega Peripolli[1].

1. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ); 2. Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ); 3. Laboratório de Corrosão da COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); 5. Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE); 6. Companhia Siderúrgica Nacional (CSN); 7. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologias (INMETRO).

Introdução

A fim de minimizar o atrito e o desgaste em sistemas mecânicos, pode-se destacar a inclusão o óxido de grafeno (GO) e o óxido de grafeno reduzido (rGO) como aditivos lubrificantes promissores [1]. No entanto, a sua eficácia depende do controle rigoroso desde a síntese até à dispersão final no óleo. Assim, uma caracterização físico-química prévia e detalhada é indispensável para validar o potencial de aplicação prática destas nanoplaquetas [2].

Objetivos

Sintetizar o GO pelo método de Hummers modificado e obter o rGO, avaliando suas características estruturais (FTIR) e morfológicas (MEV-EDS), bem como sua dispersibilidade em substratos de silício, conforme a ABNT ISO/TS 21356-1 [3], visando sua aplicação como aditivo em óleo lubrificante mineral.

Metodologia

O GO foi sintetizado pelo método de Hummers modificado, a partir de grafite em pó. Posteriormente o material passou por um processo de redução térmica a 600°C para obtenção do rGO. As amostras foram preparadas em substrato de silício para as anáslises de MEV/EDS, o óxido de grafeno diluído em alcool isopropílico foram depositadas em substrato de silício. A caracterização estrutural e morfológica foi complementada por FTIR. O fluxograma do processo é apresentado na Figura 1.

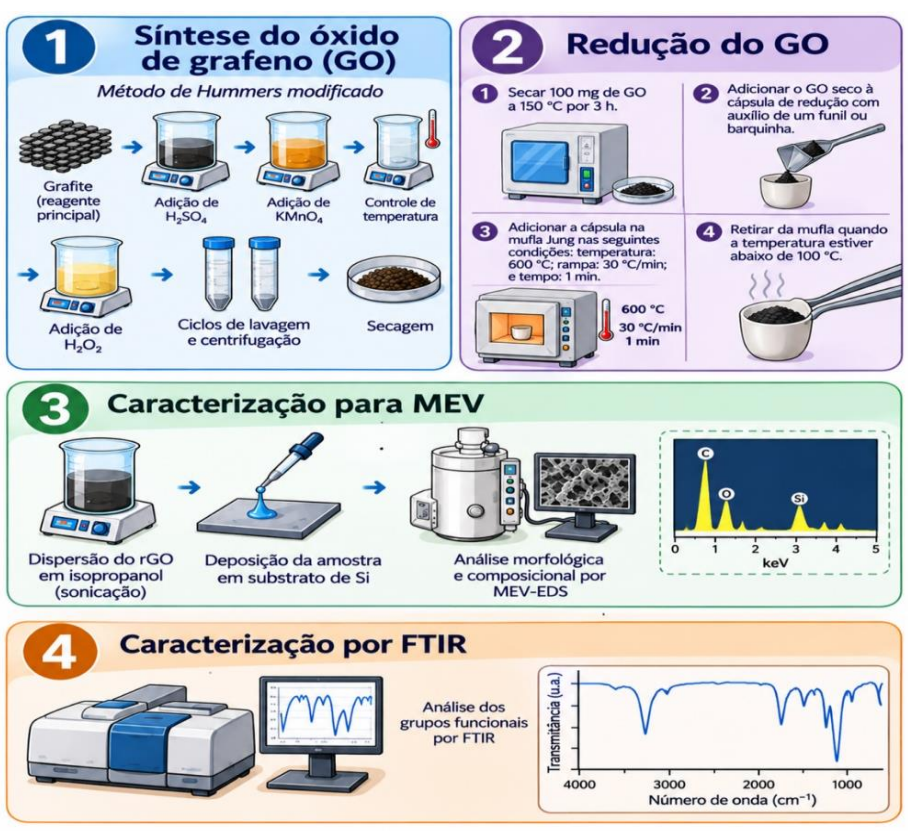


Figura 1. Métodos de síntese e caracterização do GO e rGO.

Resultados e Discussão

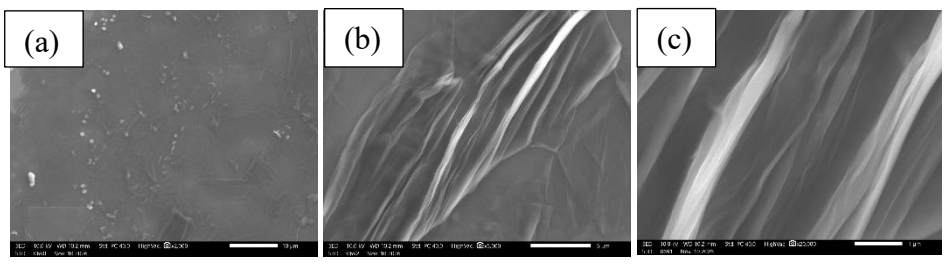
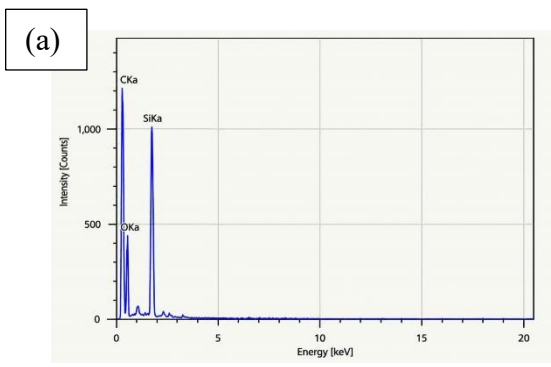


Figura 2. Imagens obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da amostra de GO, em ampliação (a) 2000x, (b) 5000x e (c) 20000x.



Element	Line	Mass%	Atom%
C	K	60.22±0.49	71.64±0.59
O	K	21.12±0.50	18.86±0.45
Si	K	18.66±0.37	9.49±0.19
Total		100.00	100.00
Map_001_wholespectrum			Fitting ratio 0.0451

Figura 3. Análise elementar do GO por EDS: (a) espectro de energia dispersiva evidenciando os picos característicos de C, O e Si (substrato); (b) tabela de composição elementar semi-quantitativa (%Massa e % Atômica).

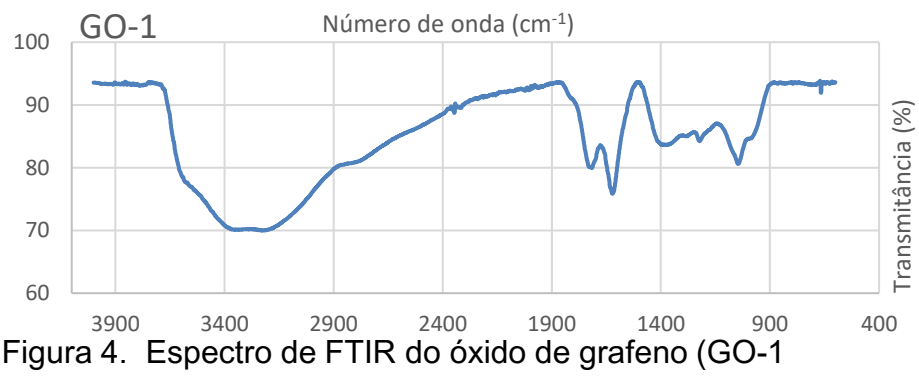


Figura 4. Espectro de FTIR do óxido de grafeno (GO-1

As análises de MEV (Figura 2) e EDS (Figura 3) confirmaram a morfologia laminar do material e a presença de Carbono e Oxigênio na estrutura do GO. O espectro de FTIR (Figura 4) possui bandas validou a síntese ao evidenciar as bandas de estiramento dos grupos funcionais oxigenados: ~3400 cm^{-1} (estiramento O-H), ~1720 cm^{-1} (C=O de carbonila) e ~1050 cm^{-1} (C-O-C de epóxi).

Conclusões

- ✓ MEV: Revelou a morfologia laminar, enrugada e exfoliada, características promissoras para formação do filme protetor em óleo lubrificante;
- ✓ EDS: Comprovou em resultado semi-quantitativo a presença do C e O no material GO;
- ✓ FTIR: Confirmou a eficiente oxidação do grafite pela intensidade das bandas, evidenciando a presença de grupos funcionais

Estes resultados são promissores e indicam que o GO é um precursor de alta qualidade para obtenção do rGO, assegurando propriedades de baixo atrito e estabilidade necessárias para sua aplicação como nanoaditivo em óleo lubrificante mineral.

Referências e Agradecimentos

[1]TOMANIK, E.; CHRISTINELLI, W.; SOUZA, R. M.; OLIVEIRA, V. L.; FERREIRA, F.; ZHMUD, B. Review of Graphene-Based Materials for Tribological Engineering Applications. **Eng**, v. 4, n. 4, p. 2764-2811, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/eng4040157.

[2]CHOUHAN, A.; MUNGSE, H. P.; KHATRI, O. P. Surface chemistry of graphene and graphene oxide: A versatile route for their dispersion and tribological applications. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 283, p. 102215, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102215.

[3]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT ISO/TS 21356-1: Nanotecnologias — Caracterização estrutural de grafeno — Parte 1: Grafeno em pó e em dispersões**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

UERJ
PR2 Pró-reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
PPG-EM Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica
NANOFAB
LabMEQ IQ/UERJ
INSTITUTO DE QUÍMICA
CBPF
INMETRO
CSN Companhia Siderúrgica Nacional