

Síntese, Caracterização e Medição de Propriedades Termofísicas de Nanofluidos de Óxido De Grafeno

Letícia Raquel de Oliveira*, Stella Rodrigues Ferreira, Alessandro Augusto Olimpio Ferreira Vittorino,
Enio P. Bandarra Filho

* Lest-nano: Laboratório de Energia, Sistemas Térmicos e Nanotecnologia, letciarakel@gmail.com

Palavras-chave

Óxido de Grafeno, nanofluidos, síntese, condutividade térmica, viscosidade

1. INTRODUÇÃO

No cenário econômico atual, o meio industrial se encontra bastante competitivo, buscando a máxima capacidade de seus processos e, sempre que possível, também a redução de recursos e otimização dos equipamentos já instalados. Nesse contexto, sistemas térmicos, em especial os trocadores de calor, podem se beneficiar com a utilização de nanotecnologia em misturas que podem aumentar sua eficiência, essas conhecidas como nanofluidos.

Definidos por Choi (1995), os nanofluidos podem ser entendidos como suspensões coloidais constituídas de partículas nanométricas dispersas em fluidos como a água, óleo e etilenoglicol. Os estudos destes se intensificaram ao longo os anos, se mostrando desde a pesquisa de Eastman et al. (2001), grandes potencializadores de trocas térmicas, pela sua boa condutividade térmica.

Com grande destaque nos últimos anos, nanofluidos de óxidos de grafeno (GO) apresentam excelentes propriedades termofísicas. Constituídos de átomos de carbono organizados em uma estrutura planar semelhante a folhas, com átomos de oxigênio e vazios em sua superfície, o GO, quando comparado a outras nanopartículas, possui, conforme estudo de Sadeghinezhad et al. (2016), maior estabilidade (tempo de suspensão longo), maior proporção área volume e elevada condutividade térmica (próximo de 5000 W/m.k), além de baixa corrosão e menor demanda em seu bombeamento.

Assim, devido às características supracitadas, este trabalho objetivou avaliar a síntese de nanopartículas de óxido de Grafeno, além de sua caracterização e produção quando disperso em água destilada. Para isso, foram medidas as propriedades termofísicas desse nanofluido: condutividade térmica, viscosidade e densidade sob uma faixa de temperaturas de 10-60°C.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Síntese e Caracterização das Nanopartículas de Óxido De Grafeno (GO)

Para obtenção do GO empregou-se o método de Hummers modificado, 1 g de grafite em pó e 0,75 g de $\text{NaNO}_3(\text{s})$ foram colocados em um balão de fundo redondo e foram adicionados 23 mL de ácido sulfúrico (98%). A mistura foi colocada em um banho termostático a 6°C e 3 g de KMnO_4 foram adicionados com agitação magnética constante. Posteriormente foi adicionada gota a gota 280 mL uma solução de H_2O_2 a 3%. O óxido de grafite foi lavado com uma solução 10% de HCl, filtrado e seco em estufa à vácuo à 60°C. Após este período, o óxido foi retirado da estufa e lavado com água deionizada para a remoção de ácido residual até pH 7. Após a secagem em estufa, uma pequena amostra foi utilizada para a caracterização por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

2.2. Síntese do Nanofluido

Nanofluidos são usualmente preparados pela dispersão das nanopartículas em um fluido base. O método de dois passos é o mais amplamente utilizado, consistindo na dispersão das nanopartículas, preparadas previamente, no fluido base, a água destilada. Uma massa de 0,175g de GO foram dispersas em 40 mL de água destilada. Para a dispersão das nanopartículas de GO foi utilizado um sonicador Sonic-Mill (1790W, 20kHz) durante 20 min com 45% de amplitude. A concentração mássica do nanofluido preparado foi de 0,435%. A Figura 1 mostra o esquema representativo da síntese do nanofluido de GO-água aplicando o método de dois passos.

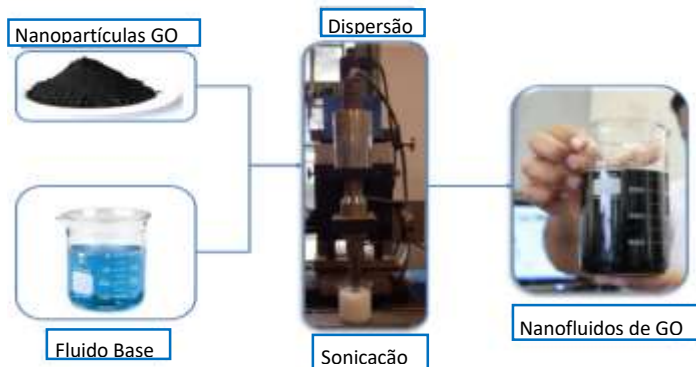


Figura 1: Esquema representativo do método de Dois Passos para a síntese de nanofluidos.

2.3. Medições das Propriedades Termofísicas

A condutividade térmica foi medida utilizando um condutímetro THB-1 da marca Linseis. A sonda THB foi imersa na amostra de nanofluido e as medições foram realizadas automaticamente, sendo realizadas 10 medições para cada temperatura avaliada. A temperatura foi variada utilizando um banho térmico com a cuba de medição acoplada. A incerteza do equipamento foi de $\pm 2\%$, de acordo com o fabricante, e o desvio para cada medição foi de 2,4%. A viscosidade dinâmica e a densidade foram avaliadas utilizando um viscosímetro rotacional modelo SVM 3000 da Anton Paar, que realiza ambas as medições simultaneamente. As medições foram realizadas variando a temperatura de 20°C a 80°C. A incerteza do equipamento foi de $\pm 0,35\%$, indicada pelo fabricante. A Figura 2 mostra em (a) a foto do aparato de medição de condutividade e em (b) uma foto do viscosímetro utilizado.



Figura 2: (a) - aparato experimental de medição de condutividade térmica, (b) imagem do viscosímetro SVM 3000.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor análise, uma amostra foi caracterizada em MEV, sendo possível ver nanopartículas de GO (Figura 3).

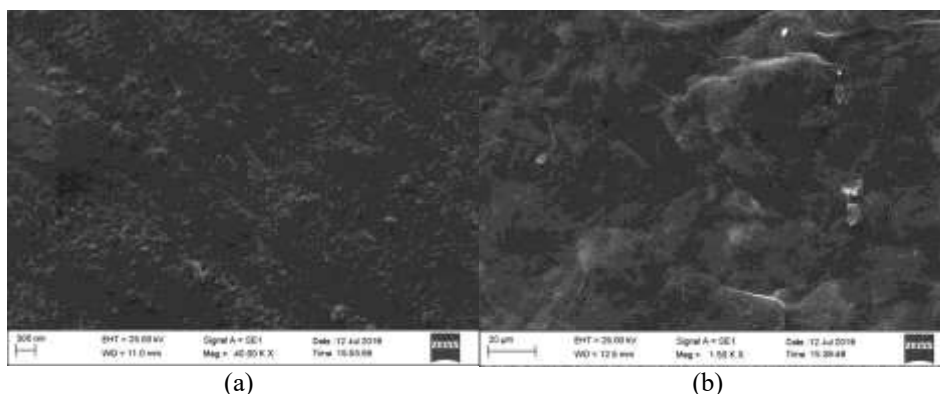


Figura 3: Imagem de MEV de GO: (a) resolução de 200nm, (b) resolução de 20µm

A condutividade térmica do nanofluido foi medida para avaliar o incremento com a adição de GO em água destilada. Os valores obtidos são mostrados na Figura 4, juntamente com os resultados para viscosidade dinâmica e densidade desse nanofluido.

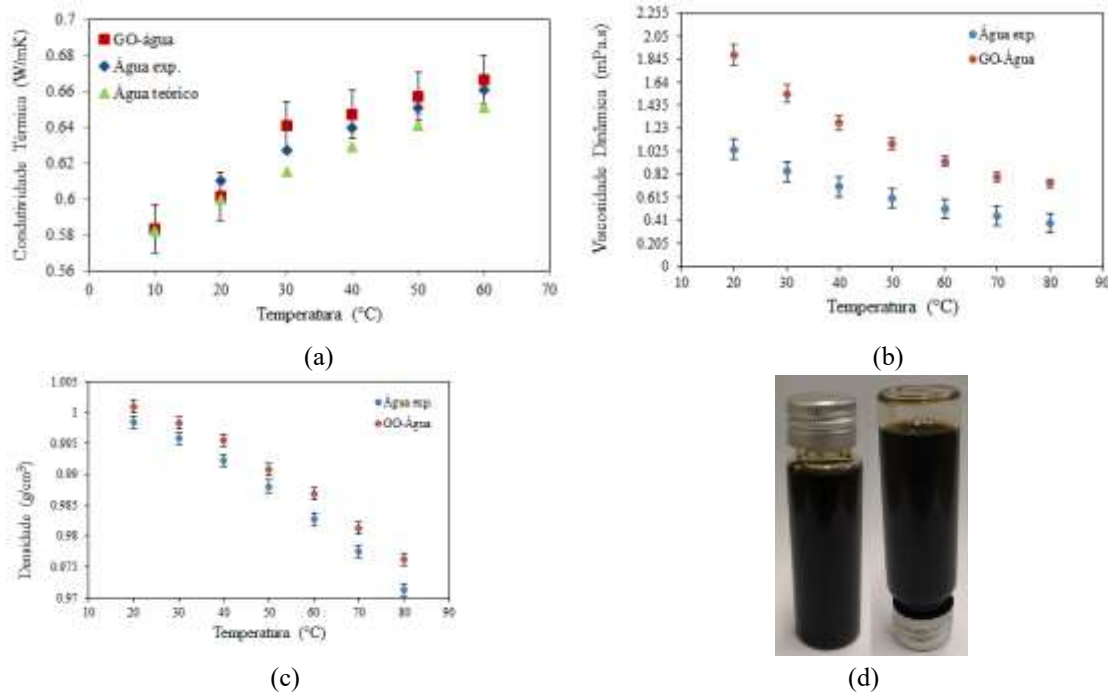


Figura 4: (a) condutividade térmica, (b) viscosidade dinâmica, (c) densidade e (d) imagem do nanofluido GO-água.

Os resultados obtidos mostraram que a adição de nanopartículas de GO na água destilada incrementaram a condutividade térmica dos nanofluidos sem comprometer a viscosidade de forma significativa. A densidade do nanofluido aumentou em relação a da água pura, tendência observada na literatura. Foram encontrados incrementos na condutividade térmica de 0,27 a 2,15%, sendo o máximo incremento obtido na temperatura de 30°C. Com relação à viscosidade, os incrementos foram na faixa de 78 a 91%, sendo observada uma diminuição da viscosidade com o aumento da temperatura. A densidade do nanofluido diminuiu com o aumento da temperatura, assim como a da água, sendo de 0,25 a 0,50% o incremento dessa propriedade.

4. CONCLUSÃO

A síntese de nanofluidos é uma das etapas mais importantes e fundamentais antes da aplicação desses fluidos em trocas térmicas. Além disso, a caracterização das propriedades termofísicas dos nanofluidos é essencial para se garantir o bom desempenho térmico possibilitando assim a utilização de nanofluidos em larga escala. Com os resultados obtidos da avaliação das características termofísicas: condutividade térmica, viscosidade e densidade foi possível concluir que a adição de nanopartículas de GO em água garantiu o incremento da condutividade térmica. Assim, a síntese e a caracterização de nanofluido de GO apresentou bons resultados experimentais sendo um indicativo para a aplicação em trocas térmicas desse nanofluido.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao NucBio da Faculdade de Engenharia Química (UFU) pela síntese das nanopartículas, à Faculdade de Engenharia Mecânica (UFU), ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica (UFU), a CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- Choi, S.U.S., Eastman, J.A. “Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles”, in: *International mechanical engineering congress and exhibition*, Argonne National Lab, US., 1995, pp. 99–105.
- Eastman, J.A., Choi, S.U.S., Li, S., Yu, W., Thompson, L.J. “Anomalous increased effective thermal conductivities of ethylene glycolbased nanofluids containing copper nanoparticles.” *Appl. Phys. Lett.* 78, no. 6, 2001, pp. 718–720.
- Hummers, W. S.; Offeman, R. E. Preparation of graphitic oxide. *Journal of the American Chemical Society*, v. 80, 1958, pp. 1339.
- Sadeghinezhad, E., Mehrali, M., Saidur, R., Mehrali, M., Tahan Latibari, S., Akhiani, A.R., Metselaar, H.S.C. “A comprehensive review on graphene nanofluids: recent research, development and applications.” *Energy Convers. Manag.* 111, 2016, pp.466-487.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.