

Estudo do comportamento reológico de fluidos complexos dopados com nanopartículas

Study of rheological behavior of nanoparticle doped complex fluids

RESUMO

A reologia consiste no estudo da deformação e do fluxo da matéria quando submetidos a forças de cisalhamento em condições controladas. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar o comportamento reológico do monoetilenoglicol dopado com a nanopartícula $g-C_3N_4$ (nitreto de carbono grafítico) a diferentes concentrações em percentual mássico, em função da taxa de cisalhamento, mantendo a temperatura fixa. Foi utilizado o reômetro rotacional com cilindro coaxial do tipo dg din, onde é medida a tensão de cisalhamento em função da variação da taxa de cisalhamento acoplado a um banho termostático. O fluido dopado apresentou comportamento Newtoniano e dependência da viscosidade com a concentração de nanopartículas.

PALAVRAS-CHAVE: Concentração. Newtoniano. Reologia.

ABSTRACT

Rheology is the study of deformation and flow of matter when subjected to shear forces under controlled conditions. The present work aims to characterize the rheological behavior of the doped monoethylene glycol with the $g-C_3N_4$ nanoparticle (graphite carbon nitride) at different concentrations of massic percentage, as a function of shear rate, keeping the temperature fixed. The rotative rheometer with dg din coaxial cylinder was used, where the shear stress is measured as a function of the shear rate variation coupled to a thermostatic bath. The doped fluid showed Newtonian behavior and viscosity dependence with nanoparticle concentration.

KEYWORDS: Concentration. Newtonian. Rheology.

INTRODUÇÃO

A reologia estuda a deformação e o fluxo da matéria quando submetidos a esforços em condições de testes controlados em um intervalo tempo (SCHRAMM, 2006). A classificação reológica dos materiais pode ser dada segundo Ferreira (2005) quanto à relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento, sendo classificados em fluidos newtonianos os que apresentam linearidade e não newtoniano pela ausência de linearidade. Nos fluidos Newtonianos, a viscosidade é constante e independe da taxa de cisalhamento.

Joyce Nazareth Aquino de Alencar
joycedalencar@gmail.com
Universidade Federal Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Fernando da Silva Alves
fsilva@utfpr.edu.br
Universidade Federal Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Para Schramm (2006) a viscosidade uma medida de resistência do fluido a um escoamento de cisalhamento; dependente de alguns parâmetros, como a natureza da substância, temperatura, pressão, taxa de cisalhamento, tempo e campo elétrico. Assim o efeito da temperatura tende na maioria diminuir a viscosidade quando há um aumento da temperatura COSTA, C. M.; NACCACHE, M. F.; VARGES, P. (2017) essas razões podem ser evidenciadas pelo movimento browniano das moléculas, ocorrendo à quebra das ligações das forças coesivas entre as moléculas de um líquido.

Para a reologia dos sistemas dispersos, denotam-se cinco efeitos que podem afetar os sistemas, sendo o “Browniano, hidrodinâmicos, de empacotamento, coloidal e efeito de inércia” (FERREIRA, E. E., 2005, p. 85) onde se tem um fluido, “um dos líquidos dividiu-se no interior do outro formou-se uma fase interna, dispersa ou descontínua, rodeada por uma fase externa, dispersante ou contínua” (OLIVEIRA, A. G. et al, 2004, p.132) tem-se a presença de interfaces que alteram o comportamento e a viscosidade do fluido, fortemente influenciado pelas propriedades físicas e físico-químicas (interfaces) dados pelos fatores, como expõe Ferreira (2005) pH, forma e distribuição de tamanho das partículas e espécies dissolvidas.

A dopagem dos materiais pode ser feita acrescentando uma substância à outra de modo a conferi-las características de interesse. No entanto, a adição da nanopartícula $g-C_3N_4$ (nitreto de carbono grafítico) em solução de monoetilenoglicol pode aferir o comportamento reológico em relação à concentração de nanopartícula, sendo possível verificar a viabilidade do monoetilenoglicol, para posteriormente submetê-la em ensaios de espalhamento e posteriormente a criação de filmes finos para painéis solares no qual será necessário um estudo abrangente sobre reologia de sistemas dispersos.

O estudo tem como objetivo caracterizar o comportamento do fluido Monoetilenoglicol P.A. dopado com a nanopartícula $g-C_3N_4$ a partir da concentração em percentual mássico.

MATERIAL E MÉTODO

Para realização desse estudo, utilizou-se a segunda síntese de nanopartícula $g-C_3N_4$ a partir do aquecimento de uréia em uma atmosfera controlada de $NH_3(g)$, sendo um nanopó cristalino, com estrutura hexagonal com tamanho de cristalito de 18,4 a 12,7 nm dependendo da concentração de $NH_3(g)$ com desempenho fotocatalisadora, concedida pelo laboratório de Nanotecnologia e Química Computacional (NANOQC) da UTFPR câmpus Londrina.

Nesse estudo foram preparadas cinco amostras com diferente porcentagem em massa de $g-C_3N_4$ dissolvida no Monoetilenoglicol P.A..

Para encontrar a porcentagem em massa de $g-C_3N_4$ em 20 mL de monoetilenoglicol, previamente calculou os valores teóricos de massa de $g-C_3N_4$ corresponde que deveria ser acrescentada ao monoetilenoglicol para conferir a porcentagem em massa de $g-C_3N_4$.

O procedimento para dispersão da nanopartícula em 20 mL de monoetilenoglicol foi realizado mediante a pesagem das substâncias separadamente, com auxílio de um béquer de 50 mL pesou-se a massa do

solvente e com o papel manteiga pesou-se a massa do soluto próximo do valor teórico calculado, ambos as massas em uma balança analítica localizada no laboratório NANOQC obtendo-se os valores mássicos (em gramas) do monoetilenoglicol e $g-C_3N_4$.

Tabela 1 – Porcentagem de $G-C_3N_4$ em 20 mL de Monoetilenoglicol

Amostra	Porcentagem em massa (%)	mE (g)	mA (g)
1	1	21,8803	0,2186
2	0,1	21,9012	0,0223
3	0,05	21,9105	0,0110
4	0,01	21,8705	0,0024
5	0,005	21,8925	0,0013

* mE é a massa de monoetilenoglicol pesada

** mA é a massa de $g-C_3N_4$ utilizada

Fonte: ALENCAR, J. N. A. (2019)

Na sequência, as amostras são homogeneizadas em um agitador magnético por cerca de uma hora com rotação de 4 rpm.

Com as amostras preparadas foi possível caracterizar o comportamento reológico das mesmas utilizando o reômetro rotacional BROOKFIELD fluxo circular entre dois cilindros coaxiais do tipo DIN 54453, usualmente dito DG DIN, acoplado com um banho térmico JULABO, localizado no laboratório do Departamento de Engenharia de Materiais (DAEMA). Com auxílio de um béquer e uma pipeta volumétrica, adiciona 16 mL da amostra no spindle DG DIN previamente higienizado e calibrado fixando as configurações de taxa de cisalhamento controlada, variando de 0 a 1000 (1/s), tempo de 300 s, 300 pontos, temperatura a 18°C e precisão de temperatura de 0,1°C, de forma a obter a tensão de cisalhamento resultante.

Os ensaios de fluxo e a preparação das amostras foram realizados em duas etapas devido ao longo tempo de ensaio e a disponibilidade do reômetro. As medidas foram realizadas em duplicata para verificar a reprodutividade dos resultados, tendo em vista a sensibilidade a pequenas variações de temperatura e uma possível descalibração do equipamento.

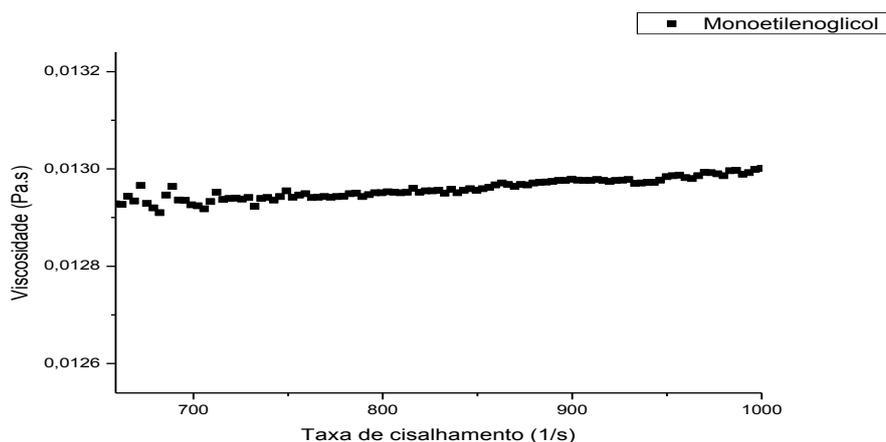
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realizar as análises reológicas das amostras após os ensaios foram feitos reogramas utilizando o software Origin.

Para obter o efeito da nanopartícula sobre o monoetilenoglicol, primeiramente foi realizada uma curva padrão, viscosidade em função da taxa de

cisalhamento. No qual as medidas de viscosidade do monoetilenoglicol sugerem um leve aumento da viscosidade com a taxa de cisalhamento, o que indica um comportamento não Newtoniano, conforme ilustra a Figura 1.

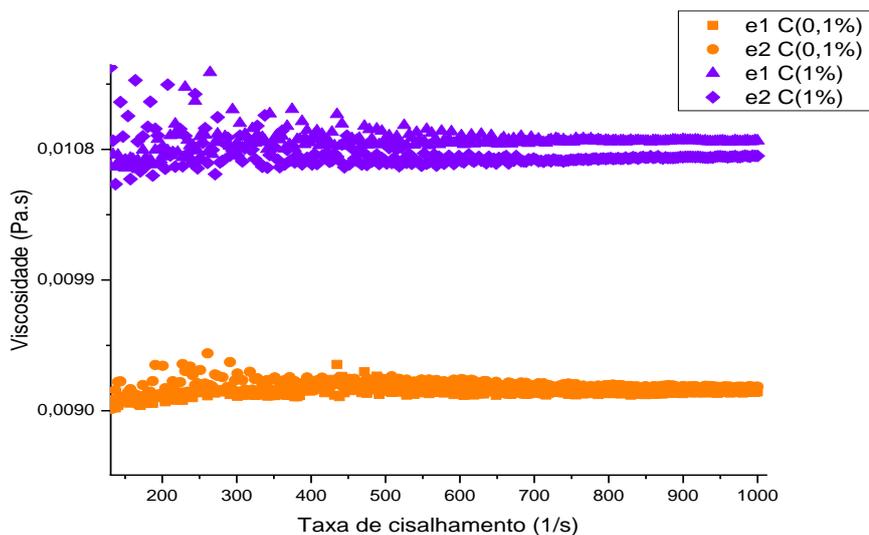
Figura 1 – Curva de viscosidade padrão do monoetilenoglicol



Fonte: ALENCAR, J. N. A.

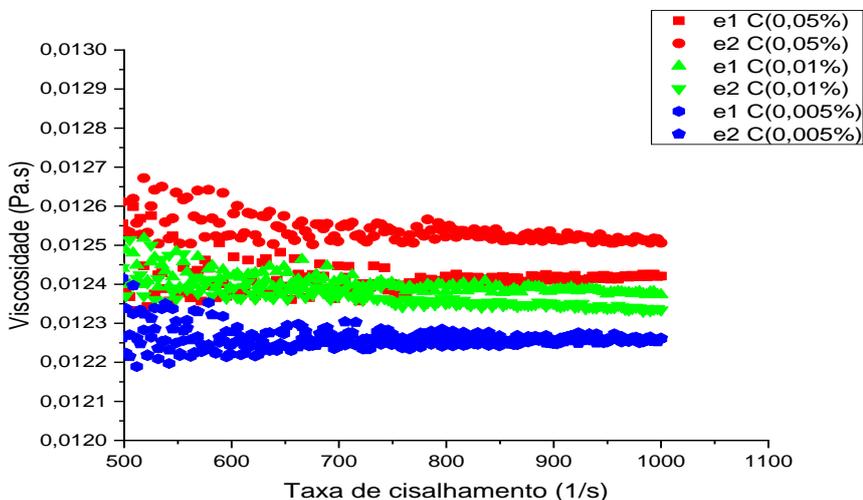
Após a dopagem, as amostras submetidas aos ensaios apresentaram alterações no comportamento do fluido, mantendo a viscosidade aproximadamente constante em função da taxa de cisalhamento, indicando comportamento Newtoniano, segundo Kessler (2017), ainda que o processo de aglomeração influencie na estabilidade coloidal, com taxa de cisalhamento alta a aproximação e a colisão das partículas são dificultadas. No entanto, o alinhamento e a desaglomeração dos sólidos suspensos favorecem a diminuição da viscosidade, devido ao cisalhamento imposto, aumentando o caminho livre médio entre as partículas. No qual se observa uma tendência no comportamento nos dois conjuntos de amostras, Figura 2 e 3, e que ao diminuir a concentração ele se mantém.

Figura 2 – Viscosidade por taxa de cisalhamento das amostras 1 (0,1%) e 2 (1%)



* e 1, 2 são ensaios um e dois das amostras na concentração x%
Fonte: ALENCAR, J. N. A.

Figura 3 – Viscosidade em função da concentração das amostras 3 (0,05%), 4 (0,01%) e 5 (0,005%)



* e 1, 2 são ensaios um e dois das amostras na concentração x%
Fonte: ALENCAR, J. N. A.

Para os dois conjuntos de amostras, conforme mostram as Figuras 2 e 3, observa-se no gráfico de viscosidade por taxa de cisalhamento que houve uma diminuição da viscosidade com a diminuição da concentração, porém, esta variação ocorre em proporções diferentes para cada faixa de concentração. Segundo Kessler (2017) a viscosidade de suspensões com baixas concentrações podem ser dadas por interações hidrodinâmicas entre as partículas, podendo ser causadas pela autodifusão ou migração de partículas, e a distribuição de

tamanho de partículas esféricas é uniforme, e os efeitos da orientação das moléculas na direção do fluido é determinante para o comportamento

Newtoniano indicando que o efeito da taxa de cisalhamento sobre a viscosidade é lenta em baixas concentrações em massa (g) de nanopartícula. O que não foi identificado para os valores absolutos de viscosidade entre os dois conjuntos, pois os valores absolutos de viscosidade aumentaram com a diminuição da concentração. Foi observado que os valores de viscosidades estavam próximos do limiar de resolução do equipamento, bem como o manuseio na preparação das amostras e ensaios em dias distintos, o fator tempo de agitação e de um ensaio para outro, entre outras são variáveis que podem ter interferido nos resultados.

Porém, observa-se para ambos os conjuntos, que ao diminuir um décimo da concentração houve um decréscimo da viscosidade, assim a nanopartícula produziu alteração no comportamento da viscosidade em função da taxa de cisalhamento, porém, sendo possível prevê e identificar um comportamento semelhante ao comportamento Newtoniano quando variou a concentração de nanopartícula em proporções diferentes, sendo a viscosidade mais intensificada na faixa de 1% a 0,1% com variação de 1,8 mPa.s, enquanto que na faixa de 0,05% a 0,005% há uma variação de 0,25 mPa.s.

CONCLUSÃO

O estudo realizado alcançou o objetivo ao caracterizar o comportamento reológico do monoetilenoglicol dopado com nanopartícula $g-C_3N_4$, no qual a nanopartícula produziu alteração no comportamento da viscosidade em função da taxa de cisalhamento, produzindo o comportamento Newtoniano, bem como em função da variação da concentração.

REFERÊNCIAS

COSTA, C. M.; NACCACHE, M. F.; VARGES, P. Caracterização reológica de fluidos complexos. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2017/relatorios_pdf/ctc/MEC/MEC-Camila%20Moreira%20Costa.pdf> Acesso em: 16 ago. 2018.

FERREIRA, E. E. et al. **Reologia de suspensões minerais: uma revisão**. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 58, n. 1, Jan/Mar 2005.

OLIVEIRA, A, G., E et al. **Microemulsões: estrutura e aplicação como sistema de liberação de fármacos**. Revista Química Nova, São Paulo v. 27, n. 1, Jan/ Fev 2004.

SCHRAMM, G. Reologia e Reometria. Fundamentos Teóricos de Práticos. São Paulo: Artliber, 2006. 232p..

AMORIN, L. H. et al. **Electronic, structural, optical, and photocatalytic properties of graphitic carbon nitride**. 2014. 9 f. Paraná

SATO, A. C, K. Reologia de suspensões. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/255554/1/Sato_AnaCarlaKawazoe_D.pdf > Acesso em: 28 set. 2019

KESSLER, J. C. Comportamento reológico de uma suspensão aquosa de nanopartícula sob alto cisalhamento. 2017. 118 f. Dissertação Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/182875/349701.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 28 set. 2019

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a UTFPR campus Londrina pelo espaço de apoio a pesquisa, aos Técnicos de laboratório pelo suporte técnico, ao meu Professor pela paciência e dedicação e aos amigos que me apoiaram.