

INVESTIGAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICA E VISCOELÁSTICA DE CRISTAIS LÍQUIDOS LIOTRÓPICOS NEMÁTICOS

Rafaela Garbin da Silva (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Newller Marcelo Kimura (Co-orientador) e Anderson Reginaldo Sampaio (Orientador), e-mail: rafa_ela_garbin@hotmail.com

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Ciências Exatas Maringá-PR.

Ciências Exatas e da Terra / Física.

Palavras-chave: cristal líquido, reologia, nemático.

Resumo:

Neste trabalho são estudados os comportamentos reológicos viscoso e viscoelástico das mesofases liotrópicas uniaxiais discótica (N_D) e calamítica (N_C) em misturas ternárias envolvendo o surfactante iônico laurato de potássio (KL), decanol (D₂OH) e óxido de deutério (D₂O). Para tal finalidade foram realizados ensaios reológicos rotacionais e oscilatórios utilizando-se um reômetro Thermo Scientific modelo Haake Mars II. Os resultados mostraram um fraco comportamento reológico não-Newtoniano em ambas as mesofases. Foram observados uma fraca viscoelasticidade em ambas as mesofases em baixas amplitudes e elevadas frequências de cisalhamento. Tais características mostraram-se mais acentuadas na mesofase N_C . Este fato pode estar relacionado a orientação do diretor da fase nemática (\vec{n}) em relação a direção do gradiente de velocidade (\vec{u}).

Introdução:

Devido a sua dissipação anisotrópica, a reologia dos cristais líquidos nemáticos liotrópicos é fundamentada em uma generalização dos conceitos usados nas teorias de Frank-Oseen e Leslie-Erickson (Erickson, 1961; Leslie, 1966). Miezwicz mostrou experimentalmente, que na presença de campos eletromagnéticos externos, a existência de três coeficientes de viscosidade distintos η_1 , η_2 e η_3 que são observados de acordo com a orientação relativa do diretor da fase nemática (\vec{n}) em relação ao gradiente de velocidade \vec{u} . Os sub-escritos 1, 2 e 3 fazem referência aos três eixos ortogonais do laboratório. Na ausência de campos eletromagnéticos externos, as flutuações na orientação do diretor tornam a viscosidade do meio nemático efetiva (η_{ef}), ou seja, as forças de cisalhamento tendem a alinhar \vec{n} a \vec{u} , fazendo com que η_{ef} se assemelhe ao segundo coeficiente de viscosidade de Miezwicz (η_2), na qual $\vec{n} // \vec{u}$ na mesofase N_C e $\vec{n} \perp \vec{u}$ na mesofase N_D . Fluidos não Newtonianos podem apresentar viscoelasticidade.

Embora na literatura já existam evidências de que as mesofases nemáticas liotrópicas possuem um comportamento de fluxo dependente de $\dot{\gamma}$, semelhante a de um fluido fracamente não Newtoniano pseudoplástico, pouco se sabe a respeito de suas características viscoelásticas. Este trabalho tem por objetivo avaliar a resposta viscosa e elástica das mesofases liotrópicas uniaxiais N_D e N_C .

Materiais e Métodos

Foram estudadas misturas liotrópicas envolvendo **25,60 wt % KL / 6,24 wt % DeOH / 68,16 wt % D₂O**. A concentração relativa foi extraída de um importante diagrama de fases da literatura (Figueiredo Neto & Salinas, 2005). As amostras foram caracterizadas por meio das técnicas de microscopia óptica de luz polarizada. Todas as amostras reproduziram o diagrama de fases utilizado apresentando as mesofases N_D e N_C as temperaturas de **16,0 °C** e **25,0 °C** respectivamente. Os ensaios reológicos foram realizados em uma plataforma modular Thermo Scientific modelo Haake Mars II nos modos rotacionais e oscilatórios. Em todos os casos foram empregados o uso da geometria cone - placa sensor de cisalhamento **C35/2 Ti**. As curvas de deformação e viscosidade foram obtidas no modo rotacional em regime contínuo com taxa de cisalhamento controlada (**0,1 s⁻¹ – 55,0 s⁻¹** em **600 s**). No modo oscilatório foram realizadas varreduras dinâmicas de amplitude e frequência. As varreduras de amplitude foram realizadas no range de **0,1 mPa – 1000 mPa** a uma frequência constante de **1 Hz**. As varreduras de frequência foram realizadas no range de **0,1 Hz – 100,0 Hz** a uma amplitude constante de **10 mPa**.

Resultados e Discussão

O comportamento viscoso das mesofases uniaxiais N_D e N_C , frente o aumento da taxa de cisalhamento é apresentado na figura 1.

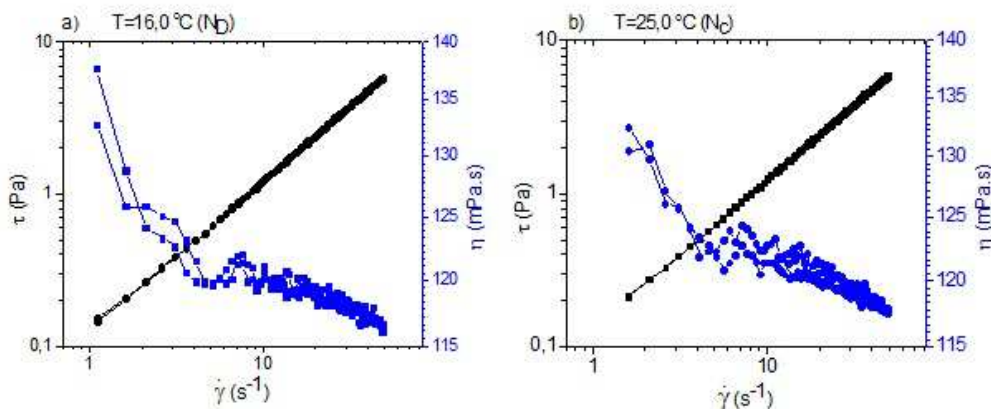


Figura 01: Curvas de fluxo e viscosidade apresentada pelas misturas liotrópicas: a) $T = 16.0 \text{ °C}$ (N_D). b) $T = 25.0 \text{ °C}$ (N_C).

Ambas as mesofases exibiram *shear thinning* com índice de fluidez $n = 0,981$ na mesofase N_D e $n = 0,978$ na fase N_C . Este comportamento é coerente com os resultados reportados pela literatura (Risi, Figueiredo Neto, Fernandes, Sampaio, Akpınar, & Santos, 2015), confirmando o comportamento de fluxo fracamente Newtoniano.

Os parâmetros viscoelásticos exibidos pelas mesofases uniaxiais N_D e N_C , relativos ao módulo de recuperação (G'), módulo de perda (G'') e defasagem angular (δ) são apresentados na figura 02.

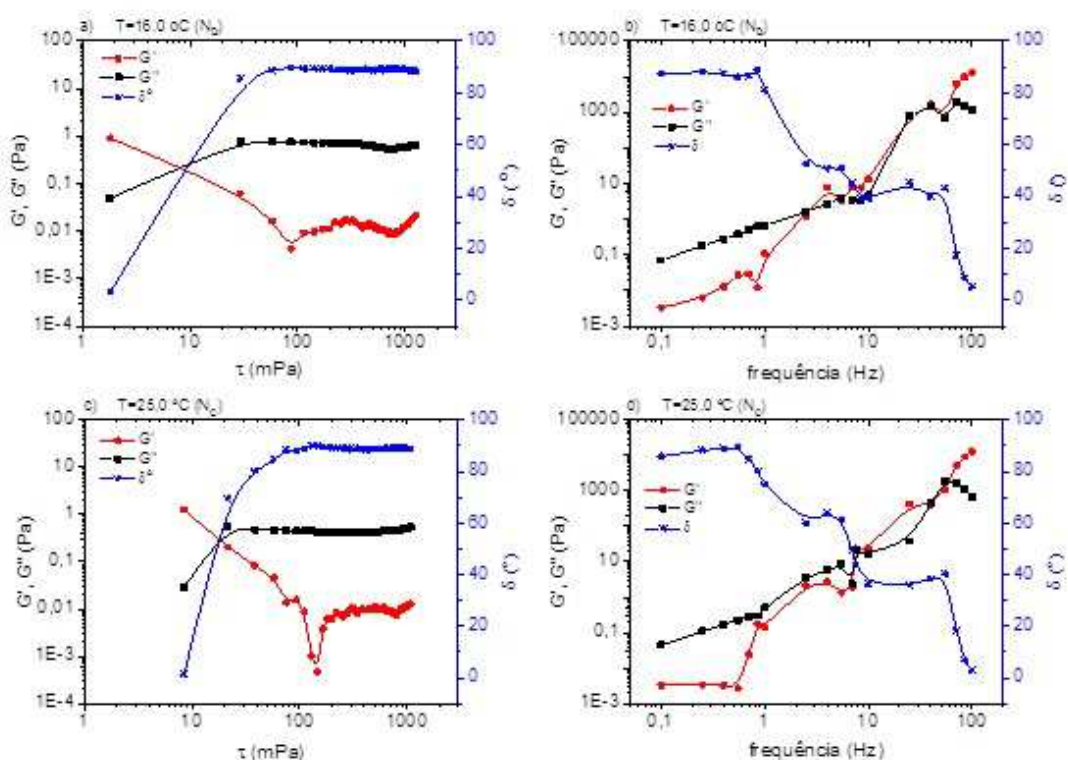


Figura 02: Módulo de recuperação elástica (G'), módulo de perda viscosa (G'') e defasagem angular exibidas pelas mesofases estudadas: a) e b) varreduras de amplitude e frequência respectivamente na mesofase N_D ; c) e d) varreduras de amplitude e frequência respectivamente na fase N_C .

Em todos os casos o comportamento viscoso é predominante em relação ao elástico. No entanto, para pequenas amplitudes $\tau < 100 \text{ mPa}$ e grandes frequências $f > 80 \text{ Hz}$ o comportamento elástico, embora pequeno, não pode ser desprezado em ambas as mesofases. Ao comparar as figuras 2 a) 2 c), é possível perceber, no que diz respeito aos valores de G' e δ no espectro de baixas amplitudes, que as características elásticas exibidas pela mesofase N_C são mais acentuadas. Este comportamento viscoelástico é coerente com as teorias de *Frank-Oseen* e *Leslie-Erickson* que tratam a fase nemática como um meio elástico contínuo, e pode estar relacionado a

orientação do diretor da fase nemática (\vec{n}) em relação a direção do gradiente de velocidade (\vec{u}).

Conclusões

O comportamento reológico exibido pelas mesofases nemáticas é fracamente não newtoniano condizente a um fluido pseudoplástico. Foram observados uma fraca viscoelasticidade em ambas as mesofases em baixas amplitudes e elevadas frequências de cisalhamento. Tais características mostraram-se mais acentuadas na mesofase N_C . Este fato pode estar relacionado a orientação do diretor da fase nemática (\vec{n}) em relação a direção do gradiente de velocidade (\vec{u}).

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq, CAPES e Fundação Araucária pelo suporte financeiro deste projeto.

Referências

ERICKSON, J. L. **Conservation laws for liquid crystals.** *Trans. Soc. Rheol.*, 5, p. 23 – 34, 1961.

FIGUEIREDO NETO, A. M. e SALINAS, S. R. **The physics of lyotropic liquid crystals: Phase transitions and structural properties**, Oxford: Oxford University Press, 2005.

LESLIE, F. M. 66). **Some constitutive equations for anisotropic fluids.** *Quart. J. Mech. Appl. Math.* , 19, p. 357- 370, 1966.

RISI, C. L.; FIGUEIREDO NETO, A. M.; FERNANDES, P. R.; SAMPAIO, A. R.; AKPINAR, E. e SANTOS, M. B. **Shear viscosity and rheology of ternary and quaternary lyotropic liquid crystals in discotic and calamitic nematic phases.** *Rheol Acta* , 54, p. 529 – 543, 2015.