

INVESTIGAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DE CRISTAIS LÍQUIDOS LIOTRÓPICOS NAS PROXIMIDADES DA TRANSIÇÃO ISOTRÓPICA REENTRANTE – NEMÁTICA CALAMÍTICA.

Jonathas Caetano de Lima (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Anderson Reginaldo Sampaio (Orientador), e-mail: arsampaio@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Departamento de Física/ Centro de Ciências Exatas /Maringá, PR.

Física - Física da Matéria Condensada.

Palavras-chave: Nemático Calamítico, Reologia, Reoptologia.

Resumo

Neste trabalho foi avaliada a influência do aumento da tensão de cisalhamento no comportamento reológico da mesofase liotrópica uniaxial nemática calamítica (N_C).

Introdução

Encontramos nos cristais líquidos liotrópicos nemáticos exemplos de fluidos não-Newtonianos. No caso da mesofase liotrópica nemática calamítica (N_C), a morfologia prolata de suas micelas colabora para que as forças de cisalhamento provoquem mudanças em sua configuração orientacional. Os parâmetros viscoelásticos módulo de recuperação elástica (G') e módulo de dissipação viscosa (G'') auxiliam na confirmação do caráter orientacional exibido por esta mesofase.

Materiais e métodos

As amostras foram preparadas a partir da mistura ternária contendo laurato de potássio ($KL - 25,6 \text{ wt\%}$), decanol ($D_eOH - 6,24 \text{ wt\%}$) e água deuterada ($D_2O - 68,16 \text{ wt\%}$); cuja concentração foi extraída do diagrama de fases proposto por Figueiredo N e colaboradores (Figueiredo, 1985). Para a caracterização das mesofases foi utilizados as técnicas de microscopia de luz polarizada (MOLP) (Chandraskhar, 1994), processamento de imagem digital (PID) (Sampaio, 2004) e conosopia. Os ensaios reológicos foram realizados em um reômetro Haake Mars II. Foi utilizada a geometria cone-placa através do sensor de cisalhamento C60/1 Ti nos modos rotacional e oscilatório. No modo rotacional curvas de fluxo e viscosidade foram obtidas a uma temperatura $T = 25^\circ C$ (dentro do domínio da fase N_C) com controle da tensão de cisalhamento no intervalo $0,1 \text{ Pa} \leq \tau \leq 45,0 \text{ Pa}$. No modo oscilatório varreduras relativas à amplitude de foram realizados à uma frequência constante $f = 1,0 \text{ Hz}$ no intervalo $0,01 \leq \gamma \leq 1,00$. Também neste

modo, varreduras relativas à frequência de oscilação foram realizadas no intervalo $0,1 \text{ Hz} \leq f \leq 10,0 \text{ Hz}$ à uma amplitude de deformação fixa $\gamma = 0,05$. As modificações na configuração orientacional do meio liotrópico nemático também foram avaliadas utilizando-se um sistema de placas paralelas. Neste sistema a placa inferior permanece em repouso enquanto a placa superior é movimentada com velocidade constante, impelida pela ação de um motor de passo Astrosyn LM-K005-25. O motor de passo é controlado por uma unidade controladora Arduino UNO acoplada a uma ponte L293D programada para esta finalidade.

Resultados e Discussão

Na figura 1.a e 1.b são ilustrados os reo-gramas obtidos a partir dos ensaios rotacionais. Na curva de fluxo contida na figura 1.a percebe-se um comportamento fracamente não-newtoniano, coerente ao exibido por Risi et al. em um sistema equivalente no domínio da mesofase N_C (Risi, 2015). Além disso, uma fraca histerese entre as curvas de fluxo de subida e descida pode ser observada. A influencia do aumento da tensão de cisalhamento no comportamento da viscosidade pode ser avaliada na figura 1.b. Para $\tau < 1 \text{ Pa}$ os valores de viscosidade variam muito pouco com o aumento da tensão de cisalhamento, como ocorre num fluido newtoniano comum. Acima desta tensão nota-se uma diminuição mais acentuada nos valores de viscosidade.

Numa comparação direta os valores de viscosidade encontrados nas curvas de subida (aumento progressivo de τ) e descida (diminuição progressiva de τ) são assimétricos. Na curva de descida, para $\tau < 10 \text{ Pa}$ os valores de viscosidade são menores do que os observados na curva de subida. Estes resultados são uma consequência do caráter anisotrópico da viscosidade meio nemático liotrópico e refletem as mudanças na configuração orientacional do diretor, impostas pelas forças de cisalhamento. É importante salientar que quando orientada a mesofase N_C exibe uma configuração de alinhamento planar.

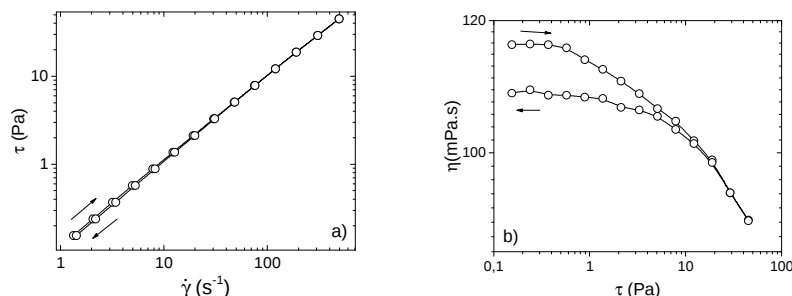


Figura 01: a) Curva de fluxo exibida a $25,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, no domínio da fase N_C . b) Curva de viscosidade calculada da sua correspondente curva de fluxo.

A figura 2 ilustra a resposta viscoelástica efetiva exibida pela amostra no domínio da mesofase N_C . Os parâmetros viscoelásticos módulo de

recuperação elástica (G') e módulo de dissipação viscosa (G'') foram analisados em função da amplitude da deformação (γ) e da frequência da oscilação (f) são ilustrados na figura 2. Os resultados revelam um comportamento reológico essencialmente viscoso em todo domínio de amplitudes estudado ($G' < G''$).

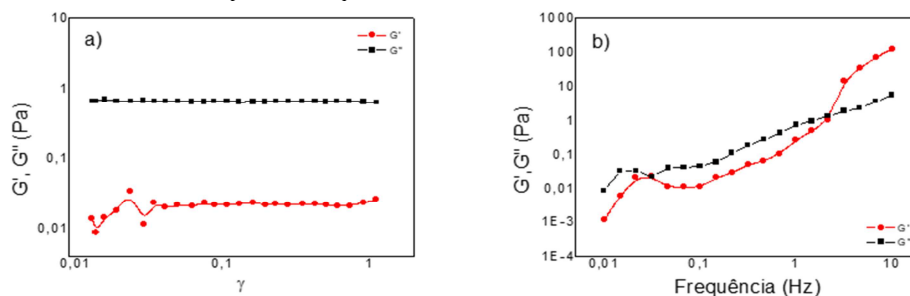


Figura 02: Ensaios dinâmicos oscilatórios realizados a 25,0 °C, no domínio da mesofase N_C : (a) varredura de amplitude (b) varredura de frequência.

Este comportamento é modificado para frequências de oscilação mais elevadas, ou seja, para frequências superiores a 5 Hz nos quais $G' > G''$. Este resultado é coerente a hipótese de que as micelas do meio nemático podem estar experimentando um possível efeito de tombamento estimuladas pelo cisalhamento. Neste efeito a cada novo ciclo oscilatório o eixo maior da micela tende a experimentar um giro de 180°, estimuladas pelas forças de cisalhamento. Para frequências superiores as micelas não tem tempo suficiente para completar o ciclo de tombamento sendo forçada a assumir uma configuração degenerada.

A figura 03 ilustra o comportamento do desvio quadrático médio das exibido pelas diferentes tonalidades de cor do canal RGB verde das texturas exibidas por uma fina camada de amostra (180 μm) antes, durante e após ser submetida a uma taxa de cisalhamento constante ($\dot{\gamma} = 22 \text{ s}^{-1}$) por um curto intervalo de tempo.

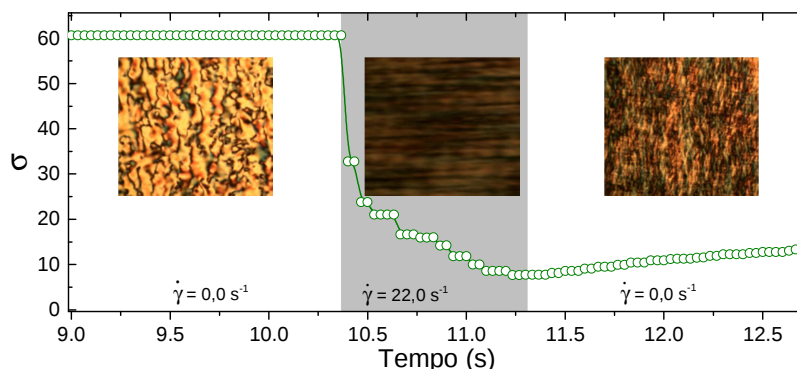


Figura 03: Desvio quadrático médio das diferentes tonalidades de cor do canal RGB verde das texturas exibidas pela amostra antes, durante e após ser submetida a uma taxa de cisalhamento constante

No *insite* desta figura algumas das texturas exibidas pela amostra durante este processo também é ilustrada. Note que o padrão schirilen dos defeitos da mesofase N_C é completamente modificada pelo cisalhamento. Os domínios birrefringentes são substituídos por uma textura mais uniforme durante o cisalhamento, fazendo com que os valores de σ diminuam.

Percebe-se ainda que uma vez cessado o cisalhamento a textura exibida apresentou a tendência a exibir novos defeitos, porém muito menos evidentes que os apresentados antes da perturbação inicial. As modificações aqui apresentadas são reflexo das mudanças na configuração orientacional do diretor nemático impostas pelas forças de cisalhamento.

Conclusão

O aumento da tensão de cisalhamento modifica a configuração orientacional do meio nemático. O ganho de orientação é evidenciado pela histerese exibida nas curvas de fluxo e viscosidade a partir de uma determinada tensão mínima. O comportamento orientacional da mesofase N_C é responsável por fazer com que o comportamento reológico essencialmente viscoso. Uma inversão no comportamento viscoelástico foi observada para frequências superiores 5 Hz indicando um possível efeito de tombamento das micelas provocado pelo cisalhamento.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação Araucária (PR) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Fluidos Complexos (INCT-FCx) pelo suporte financeiro.

Referências

CHANDRASEKHAR, S. Liquid Crystals; **Cambridge University Press** Vol. 49, No. 7, Pp. 587–588, 1994.

FIGUEIREDO N., A. M.; Liebert, L.; Galerne, Y.; **J. Phys. Chem.**; 89; 3737 (1985).

RISI C. L., A. F. Neto, P. R. Fernandes, A. R. Sampaio, E. Akpinar, and M. B. L. Santos, **Rheologica Acta**, vol. 54, no. 6, pp. 529–543, 2015.

SAMPAIO A. R., A. J. Palangana, and R. C. Viscovini, “Investigation of uniaxial and biaxial lyotropic nematic phase transitions by means of digital image processing” **Mol. Cryst. Liq. Cryst.**, vol. 408, no. 1, pp. 45–51, 2004.