



Viscosidade Anisotrópica dos Cristais Líquidos

R. Gobato, M. Simões Filho

gobato@uel.br, simoes@uel.br

Grupo de Termodinâmica de Fluidos Anisotrópicos, Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, Paraná



INTRODUÇÃO

A viscosidade anisotrópica dos cristais líquidos (CL) é uma das propriedades mais desafiadoras desses materiais, foi descoberto em 1935 por *Miesowicz*, quando ele mostrou que CLs são fluidos não-newtonianos, apresentando viscosidades que são dependentes da direção, quando submetidos a um campo externo. Ao longo deste tempo, uma enorme quantidade de investigação experimental e teórica foi dedicada ao tema, mas uma teoria microscópica satisfatória para ele nunca foi encontrado. A abordagem cinética do *Doi* tinha sido há algum tempo a teoria microscópica mais aceita para a viscosidade nemática, mas mesmo tendo o grande mérito de produzir uma livre expressão dos parâmetros ajustáveis, que capta a essência dos fenômenos, fornecendo uma explicação semimicroscópica para a origem de sua anisotropia, apresenta-se bem documentado divergências com os dados experimentais, sendo incapaz de descrever os aspectos essenciais da fenomenologia observada nesses sistemas, principalmente quando se é considerada a gama da fase nemática.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é estudar a contribuição da geometria característica da micela nemática / molécula com a viscosidade dos líquidos nemáticos. Ao longo deste trabalho, usamos a palavra geometria do grão nemática, ou geometria simples do grão, para designar a geometria que uma micela nemática / molécula, adquire sob a vibração térmica. Esse conceito não parece ser comum na teoria dos Cristais Líquidos Nemáticos (NCLs), mas surge naturalmente a partir da teoria dos parâmetros de Gennes para os NLCs. Além disso, para aumentar a contribuição da geometria do grão para a viscosidade nemática usaremos a abordagem da transformação conforme de Hess e Balls para formular os fundamentos da nemática viscosidade.

Abordagem Cinética - Doi

$$\alpha_1 = -2 \eta R^2(p) S_4 \quad \alpha_4 = \eta R^2(p) \frac{2}{35} (7 - 5S_2 - 2S_4)$$

$$\alpha_2 = -\eta R(p) \left(1 + \frac{1}{\lambda}\right) S_2 \quad \alpha_5 = \eta R(p) \left[\frac{1}{7} R(p) (3S_2 + 4S_4) + S_2\right]$$

$$\alpha_3 = -\eta R(p) \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) S_2 \quad \alpha_6 = \eta R(p) \left[\frac{1}{7} R(p) (3S_2 + 4S_4) - S_2\right]$$

$$\eta = \frac{ck_B T}{D_r} \rightarrow \text{viscosidade isotrópica}$$

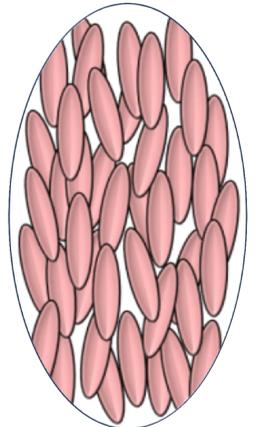
$$R(p) = \frac{p^2 - 1}{p^2 + 1}$$

$\lambda \rightarrow$ fator de orientação (desordem)

Anisotropia Nemática

“Uma forma simples de entender a origem das anisotropias nemática observadas em escala macroscópica é atribuir a essa anisotropia à forma microscópica das moléculas constituintes.”

Simoes Filho, M.



Teoria ELP (Eriksen, Leslie e Parodi)

$$\mathbf{T} \dot{\mathbf{S}} = - \int d^3 r \left\{ \sigma_{ij} \mathbf{A}_{ij} + \vec{h} \cdot \vec{N} \right\} \quad \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{A}_{ij} = \frac{1}{2} (\partial_i v_j + \partial_j v_i) \\ \vec{N} = (\vec{n} - (\vec{\omega} \times \vec{n})) \end{array} \right.$$

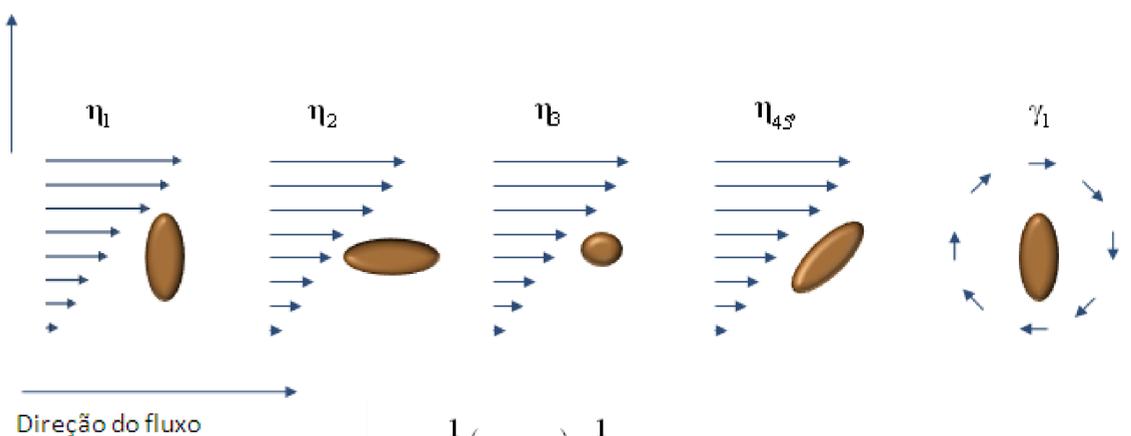
$$\sigma_{ij} = \alpha_1 n_i n_j n_k n_l A_{kl} + \alpha_2 n_i \Psi_{jk} n_k + \alpha_3 n_j \Psi_{ik} n_k + \alpha_4 A_{ij} + \alpha_5 n_i A_{jk} n_k + \alpha_6 n_j A_{ik} n_k$$

$$h_i = (\alpha_2 + \alpha_3) n_k A_{ik} + (\alpha_3 - \alpha_2) N_i$$

$$\Psi_{ik} n_k = \dot{n}_i + W_{ik} n_k \quad \text{com} \quad W_{ik} = \frac{1}{2} (\partial_i v_j - \partial_j v_i) \quad \alpha_6 - \alpha_5 = \alpha_2 + \alpha_3$$

Os Coeficientes de Viscosidade

Direção do gradiente de velocidade



$$\eta_{45^\circ} = \frac{1}{2} (\eta_1 + \eta_2) + \frac{1}{4} \alpha_1 \quad \gamma_1 = \alpha_3 - \alpha_2$$

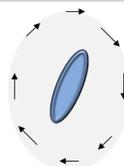
Abordagem HB

Simoes Filho, M.

TRANSFORMAÇÃO CONFORME

$$\sigma_{ij}^{HB} = \eta \frac{ds^1}{dx^i} \frac{dx^j}{ds^k} \partial_1 v^k$$

$$\sigma_{ij} = \eta \partial_i v_j$$



Abordagem falha!!!

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}^c + \vec{\omega} \times \vec{\rho}$$

CONCLUSÕES

Simoes Filho, M.

$$\sigma_{ij} = 2 \frac{ds^1}{dx^i} \frac{dx^j}{ds^k} \left[\underbrace{\eta_1}_{\text{viscosidade isotrópica}} + \underbrace{\eta_2}_{\text{viscosidade rotacional}} N_i n_j \right]$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 = -\frac{(r_1 - r_2)^2}{r_1 r_2} \eta_1 \\ \alpha_2 = \frac{r_1}{r_2} \eta_2 \\ \alpha_3 = 0 \\ \alpha_4 = \eta_1 \\ \alpha_5 = \frac{(r_1 - r_2)}{r_2} \eta_1 \\ \alpha_6 = \frac{(r_2 - r_1)}{r_1} \eta_1 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} m_1 = \frac{1}{2} \frac{r_1}{r_2} (\eta_1 - \eta_2) \\ m_2 = \frac{1}{2} \frac{r_2}{r_1} \eta_1 \\ m_3 = \frac{1}{2} \eta_1 \\ m_{45^\circ} = \frac{1}{2} \eta_1 - \frac{1}{4} \eta_2 \frac{r_1}{r_2} \\ \gamma_1 = -\eta_2 \frac{r_1}{r_2} \end{array} \right.$$

REFERÊNCIAS

- H. Ehrentraut and S. Hess, Phys. Rev. E, 51, 2203 (1995).
- M. Miesowicz, Nature. 136, 261 (1935).
- V. N. Tsvetkov; G. M. Mikhailov, Acta Physicochim. 8, 77 (1938).
- V. V. Belyaev; Physical methods for measuring the viscosity coefficients of NLC (2001).
- M. Simões, K. Yamaguti and A. J. Palangana, Phys. Rev. E 80, 061701 (2009).