

## INDUÇÃO DE ORDEM POR LUZ PULSADA NA FASE ISOTRÓPICA DE CRISTAIS LÍQUIDOS LIOTRÓPICOS – ANO III

Arnaldo Arminini Neto (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Marcio Anicete dos Santos,  
Paulo Ricardo Garcia Fernandes (Orientador) – [pricardo@dfi.uem.br](mailto:pricardo@dfi.uem.br),  
Hatsumi Mukai (Coorientadora) – [hmukai@dfi.uem.br](mailto:hmukai@dfi.uem.br),  
[ra106401@uem.br](mailto:ra106401@uem.br)

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Ciências Exatas e da Terra /  
Maringá, PR.

### Física / Física da matéria condensada

**Palavras-chave:** cristal líquido liotrópico, indução de ordem, transformada de Fourier

### Resumo:

Neste trabalho, investigamos, experimentalmente, o efeito da indução de ordem na fase isotrópica de um cristal líquido liotrópico (KL/DeOH/H<sub>2</sub>O), variando a concentração molar ( $C=[KL]/[DeOH]$ ). As amostras de cristal líquido foram confeccionadas no Laboratório de Fluidos Complexos (LFCx) do Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá (UEM). As temperaturas de transições de fases foram determinadas por meio da técnica de Microscopia Óptica de Luz Polarizada (MOLP). As medidas de transmitância óptica da amostra foram obtidas com um laser de prova (He-Ne,  $\lambda = 632,8$  nm, 35 mW) incidindo sobre a amostra quando ela fica entre polarizadores cruzados. Um feixe de luz laser de excitação (2,0 W,  $\lambda = 532$  nm), com frequência  $f < 2$  Hz, incide na amostra perpendicularmente ao laser de prova. A medida de transmitância óptica (TO) da amostra é detectada por um fotodiodo conectado a um osciloscópio. Toda a montagem é feita sobre uma mesa óptica dotada de um sistema pneumático para evitar perturbações mecânicas espúrias. A partir da análise dos dados de TO, via transformada de Fourier, foi possível notar que para frequências de até 50 Hz existem duas frequências características ( $\nu$ ), para  $C = 2,62$  ( $\nu_1 = 29,5$  Hz e  $\nu_2 = 36,5$  Hz) e  $C = 2,63$  ( $\nu_1 = 36,5$  Hz e  $\nu_2 = 40,0$  Hz), contudo, para  $C = 2,61$  existe apenas uma frequência ( $\nu_1 = 29,5$  Hz). Foi possível observar que as intensidades das frequências características são independentes da potência do laser de excitação. Além disso, esses valores de frequências independem da temperatura.

### Introdução

Cristais líquidos são estados intermediários da matéria compreendidos entre sólido cristalino e líquido isotrópico, apresentando características como a fluidez de um líquido e a birrefringência de um sólido [1]. Os cristais líquidos podem ser divididos em duas grandes classes, os termotrópicos e os liotrópicos, podendo ser distinguidos pelo seu constituinte básico. Neste trabalho, foram estudados os

Cristais Líquidos Liotrópicos (CLLs) que possuem micelas como seus constituintes básicos, podendo ser obtidos quando moléculas anfifílicas são misturadas em um solvente (geralmente a água) [2]. A mistura utilizada é composta por laurato de potássio (KL), 1-decanol (DeOH) e água. Os CLLs possuem diversas fases caracterizadas pelos arranjos formados pelas suas estruturas micelares, sendo as mais citadas na literatura a fase Nemático Discótico ( $N_D$ ), Nemático Calamítico ( $N_C$ ), Nemático Biaxial ( $N_B$ ), Isotrópico (Iso), Lamelar (L), entre outros [1,2]. As fases isotrópicas de cristais líquidos liotrópicos apresentam o fenômeno de birrefringência induzida por fluxo podendo ser observado quando a amostra, entre polarizadores cruzados, sofre um estímulo externo mecânico [3,4,5] ou por luz [5]. A indução de ordem é a mudança momentânea de fase do cristal líquido, passando da fase isotrópica para uma fase nemática (N) que altera a polarização da luz incidente e, observa-se, assim, a passagem de luz pela amostra [5]. O objetivo deste trabalho é investigar o efeito da ordem induzida por um pulso de luz na fase isotrópica da mistura KL/DeOH/água. Os dados foram analisados via transformada de Fourier, que basicamente, transforma os dados de uma função periódica que possui domínio o tempo em uma função com domínio de frequência.

## Materiais e métodos

As amostras utilizadas estão dispostas na Tabela 1. Todas são misturas de Laurato de Potássio (KL), 1-Decanol (DeOH) e água destilada ( $H_2O$ ).

**Tabela 1** – Amostras confeccionadas com concentração relativa de cada componente (em m%) e suas respectivas transições de fase;  $C=[KL]/[DeOH]$  é a concentração molar.

| Amostra | KL (m%) | DeOH (m%) | Água (m%) | $C=[KL]/[DeOH]$ | Transição de fase                            |
|---------|---------|-----------|-----------|-----------------|----------------------------------------------|
| 1       | 26,59   | 6,75      | 66,66     | 2,61            | $L_1 - 8,8^\circ C - I - 49,3^\circ C - L_2$ |
| 2       | 26,57   | 6,74      | 66,59     | 2,62            | $L_1 - 9,4^\circ C - I - 49,9^\circ C - L_2$ |
| 3       | 27,14   | 6,85      | 66,01     | 2,63            | $L_1 - 9,6^\circ C - I - 53,5^\circ C - L_2$ |

As misturas foram confeccionadas utilizando-se todos os critérios necessários já utilizados para evitar contaminação por impurezas. Os componentes da mistura são adicionados em tubo de ensaio com aferição das massas em balança analítica de precisão  $10^{-4}$ g. Após a inserção dos compostos da mistura no tubo de ensaio é necessário realizar a homogeneização da amostra. Inicialmente, utiliza-se um agitador mecânico por 10 minutos, e em seguida é posto numa centrífuga, por aproximadamente, 40 minutos. Esse processo é repetido até que a amostra tenha um aspecto visual transparente e homogêneo. Com a amostra bem homogeneizada, a amostra é posta em repouso por, aproximadamente, 24 horas para garantir sua estabilização antes de ser utilizada. As temperaturas de transições de fases foram determinadas por meio da técnica de Microscopia Óptica de Luz Polarizada (MOLP). O experimento de transmitância óptica consiste em usar um laser de prova (He-Ne,  $\lambda = 632,8$  nm, 35 mW) e um pulsado (Nd: YVO<sub>4</sub>,  $\lambda = 532$  nm), com potência variável (máximo 2,0 W). A amostra deve estar entre dois polarizadores cruzados por onde, também, passa a luz do laser de prova que se encontra perpendicular ao laser de excitação. Mede-se a resposta do sinal do laser de prova no momento em que a

amostra é estimulada pelo laser pulsado. Um banho térmico (precisão 0,1°C) é usado para controlar a temperatura da amostra e, assim, investigar a transmitância óptica em função da temperatura (como também da potência do laser pulsado).

## Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra a transformada de Fourier (TF) dos dados da transmitância óptica da amostra 1 em função da frequência e da potência de excitação do laser de excitação. É possível visualizar que a intensidade da TF não sofre influência da potência do laser, sendo praticamente o mesmo valor.

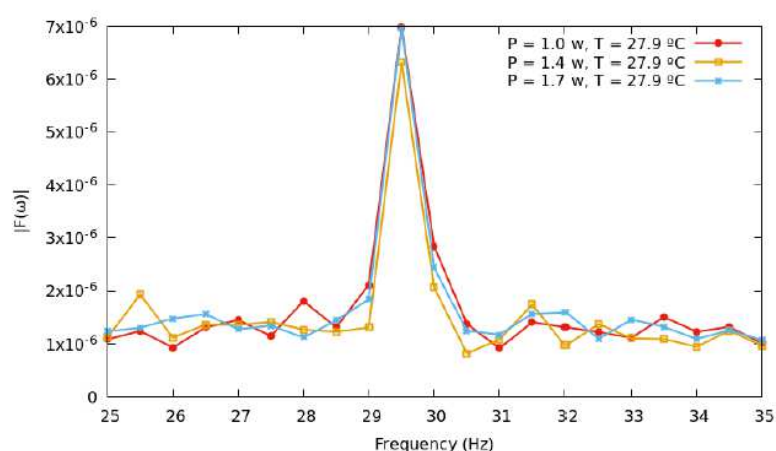


Figura 1 – Transformada de Fourier dos dados da transmitância óptica da amostra 1 em função da frequência e da potência do laser de excitação.  $C = 2,61$ .  $T = 27,9^{\circ}\text{C}$ .

A Figura 2 mostra a transformada de Fourier dos dados da transmitância óptica das três concentrações molares  $C = [\text{KL}]/[\text{DeOH}]$  em função da frequência. É possível observar que não há picos de frequência com água ou com o porta amostra vazio. Vemos que para  $C = 2,61$ :  $\nu_1 = 29,5\text{Hz}$ ;  $C = 2,62$ :  $\nu_1 = 29,5\text{Hz}$ ,  $\nu_2 = 36,5\text{Hz}$ ; e  $C = 2,63$ :  $\nu_1 = 36,5\text{Hz}$  e  $\nu_2 = 40,0\text{Hz}$ ;  $\nu_1 = \nu_2$  não tem dependência com a temperatura.

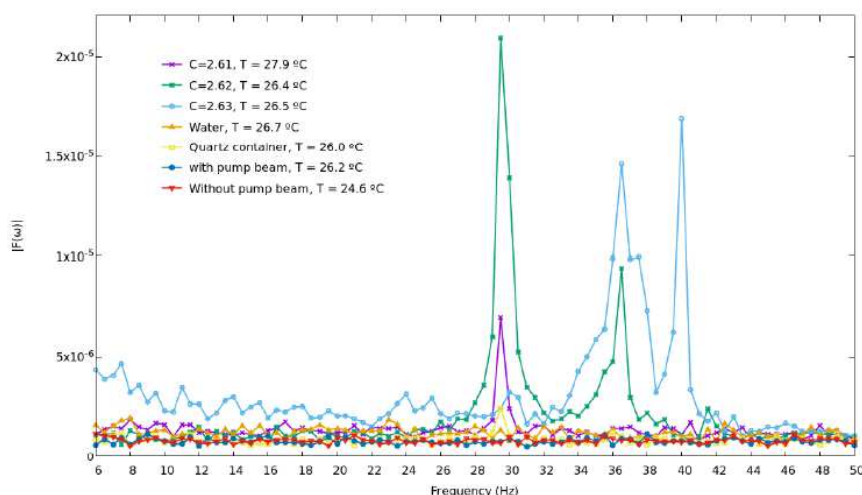


Figura 2 – Transformada de Fourier dos dados da transmitância óptica das três concentrações molares  $C = [\text{KL}]/[\text{DeOH}]$  em função da frequência.

## Conclusões

Neste trabalho, reproduzimos o efeito da indução de ordem por luz pulsada na fase isotrópica de uma mistura de KL/DeOH/água, variando a concentração molar ( $C=[KL]/[DeOH]$ ). As medidas de transmitância de luz em função do tempo forneceram concordância com os resultados da literatura. As análises dos dados via transformada de Fourier mostram que para frequências de até 50Hz existem duas frequências características, para  $C=2,62$  ( $\nu_1=29,5\text{Hz}$   $\nu_2=36,5\text{Hz}$ ) e  $C=2,63$  ( $\nu_1=36,5\text{Hz}$   $\nu_2=40,0\text{Hz}$ ), enquanto que para  $C=2,61$  existe apenas uma frequência,  $\nu_1=29,5\text{Hz}$ . Foi possível observar que as intensidades das frequências características são independentes da potência do laser de excitação. Além disso esses valores de frequências independem da temperatura. Essas frequências estão sendo interpretadas como uma evidência de alta correlação entre as micelas anisométricas (ou correlação de volume).

## Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Fluidos Complexos (INCT-FCx), à Fundação Araucária e à UEM pelo apoio financeiro.

## Referências

- [1] GENNES de, P.G., **The Physics of Liquid Crystals**, 2º ed., Clarendon, Oxford, 1993.
- [2] FIGUEIREDO A.M.N. & SALINAS, S.R.A. **The Physics of Lyotropic Liquid Crystals: Phase Transitions and Structural Properties**. Oxford University, 2005.
- [3] FERNANDES P.R.G., et al, **Stress-induced birefringence in the isotropic phases of lyotropic mixtures**, Physical Review E, v. 97, p. 022705, 2018.
- [4] FERNANDES P.R.G., KIMURA N.M., MAKI J.N., **Mechano-optical effect in isotropic phase of a lyotropic liquid crystal**, Mol. Cryst. Liq. Cryst., v. 421, p. 243–252, 2004.
- [5] FERNANDES P.R.G., et al, **Induction of Order in the Isotropic Phase of a Lyotropic Liquid Crystal by pulsed laser**, Liquid Crystals, v. 33, n. 3, p. 367-371, 2006.