
CRISTAIS LÍQUIDOS

*Teodósio Kroin**

Departamento de Física – UFSC

Florianópolis – SC

Introdução aos Cristais Líquidos

Apesar do nome, os cristais líquidos não são uma mistura de cristais com um líquido. Um cristal líquido é um verdadeiro líquido; por exemplo: não suporta cisalhamento, toma a forma de seu recipiente etc. O nome vem do fato de que, devido às interações moleculares, além da fluidez característica dos líquidos, possui propriedades geralmente reservadas aos sólidos cristalinos, isto é, anisotropia (propriedades variam com a direção) em suas propriedades óticas, elétricas e magnéticas. Portanto, um cristal líquido é um líquido verdadeiro. Para evitar a confusão causada pelo nome cristal líquido, outras nomenclaturas tais como fase mesomórfica e líquido anisotrópico têm sido propostas, mas o nome geralmente usado é cristal líquido.

Os cristais líquidos possuem importantes aplicações tecnológicas exatamente porque são anisotrópicos. A sua anisotropia permite a mudança de suas propriedades óticas pela aplicação de campos magnéticos ou elétricos. A mudança nas propriedades óticas pode ser usada para modular a luz e portanto "mostrar" informação. Esse efeito é a base de todas as aplicações tecnológicas dos cristais líquidos.

Estes são formados por compostos orgânicos cujas moléculas devem apresentar certas características peculiares. Por exemplo, para formar uma fase líquida cristalina as moléculas devem ter uma forma geométrica bastante anisotrópica. Para o caso de cristais líquidos de interesse tecnológico, as moléculas devem ser muito alongadas, na forma de cilindros, cujo comprimento é bem maior que seu diâmetro (a razão entre os dois é da ordem de 4 a 5). É verdade que nenhuma molécula orgânica é realmente um cilindro, mas uma condição necessária, embora não suficien-

* Este trabalho foi realizado em conjunto com outros professores integrantes do Grupo de Cristais Líquidos do Depto de Física da UFSC.

te, para a formação de um cristal líquido é que a molécula seja alongada. Por simplicidade, representamos as suas moléculas como cilindros perfeitos.

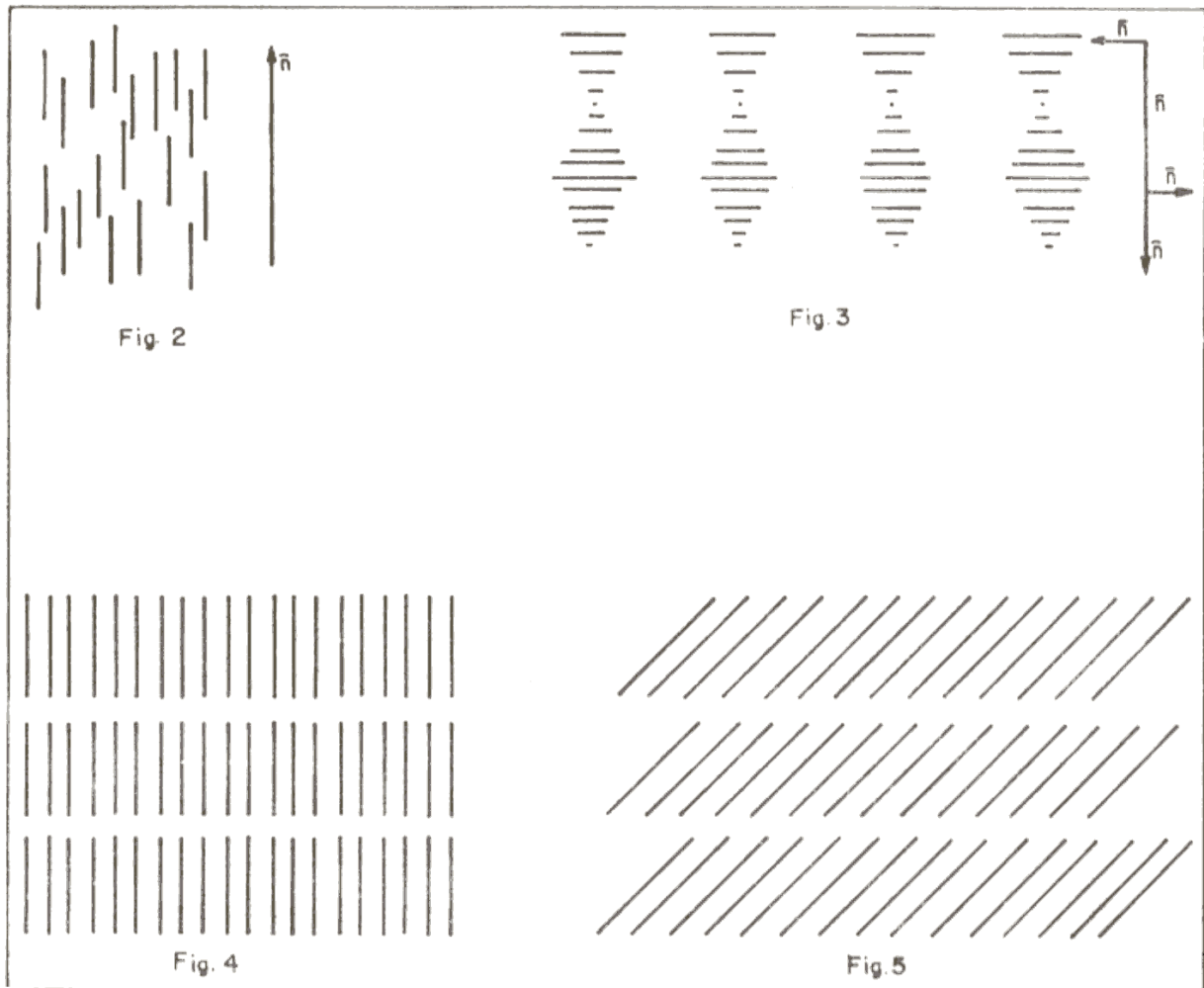
Qual a diferença entre um líquido e um cristal líquido (ambos de moléculas longas)? Num líquido, as moléculas são distribuídas ao acaso (Fig. 1). Não existe nenhuma relação entre as posições das moléculas; o mesmo se verifica para a direção dos seus eixos maiores. Isso pode ser resumido na palavra ordem: os líquidos não possuem ordem de longo alcance posicional e nem orientacional. Por isso mesmo, eles são chamados isotrópicos: suas propriedades são as mesmas em qualquer direção. Suas grandezas físicas são descritas por um único número. Para os líquidos só existe um índice de refração, uma constante dielétrica, viscosidade etc.



Fig. 1

Nos cristais líquidos há um progressivo aumento de ordem que dá origem às diferentes fases líquidas cristalinas. Estas podem ser divididas em três grandes grupos: a fase nemática, a colestérica e as fases esmécticas. Na primeira, o líquido ganha um grau de ordem orientacional. Os eixos maiores das moléculas tendem a ficar paralelos a uma direção preferencial que é chamada diretor e caracterizada pelo vetor unitário \vec{n} (Fig. 2). No presente estado tecnológico essa é a fase usada em "displays" (mostradores). A colestérica é muito parecida com a nemática, mas além das moléculas tenderem a ficar paralelas, existe uma torção espontânea do diretor de modo a resultar numa periodicidade espacial que dá origem a

propriedades óticas bastante peculiares a esta fase (Fig. 3), que hoje em dia é considerada uma variante da fase nemática. As fases esmécticas, além da ordem orientacional dos nemáticos, possuem ordem posicional que dá origem à formação de camadas de moléculas. As mais conhecidas dessas fases são a esméctica A e a C. Na A as moléculas são perpendiculares às camadas (Fig. 4) e na C são inclinadas em relação à normal de camada



(Fig. 5), sendo que não existe ordem posicional entre as moléculas dentro de cada camada. Na atualidade são conhecidas pelo menos uma dúzia de estruturas esmécticas diferenciadas pelo ordenamento molecular dentro da estratificação.

Podemos distinguir três tipos de cristais líquidos: os termotrópicos (em que o parâmetro indutor da fase é a temperatura); os liotrópicos

cos (o parâmetro indutor de fases é a concentração) e os poliméricos (que podem ser do tipo termotrópico ou liotrópico). A unidade estrutural fundamental dos termotrópicos é a molécula. Micelas (agregados moleculares) constituem a unidade estrutural dos liotrópicos. Obtém-se um cristal líquido liotrópico pela mistura de um surfactante, (isto é, um sabão,) água e álcool. Variando a concentração desses componentes obtemos diferentes fases. Historicamente, os liotrópicos foram importantes porque os sabões formam cristais líquidos quando dissolvidos em água. Hoje, eles são importantes como modelos para entender o funcionamento de membranas biológicas; entretanto, não se deve ignorar a possibilidade de aplicações tecnológicas.

Hoje em dia, os cristais líquidos poliméricos despertam muito interesse pois os polímeros que possuem uma fase líquida cristalina às vezes têm propriedades muito superiores àquelas dos polímeros normais.

Cristal Líquido: Aplicações

Embora a existência de cristais líquidos seja conhecida desde o final do século XIX, o uso de seus efeitos eletro-óticos peculiares teve que esperar o advento da microeletrônica. Esta é a parceira indispensável para viabilizar a aplicação tecnológica dos cristais líquidos. No final da década de sessenta e no início da de setenta, foram desenvolvidos os dois primeiros efeitos que são compatíveis com a microeletrônica: o espalhamento dinâmico e o nemático torcido. Devido aos problemas de vida útil, o espalhamento dinâmico não teve muito sucesso, mas hoje quase todas as pessoas possuem algum aparelho que emprega o efeito nemático torcido. Estão em desenvolvimento vários outros efeitos que no futuro poderão vir a competir com este.

A grande vantagem de um "display" de cristal líquido reside no fato de que todos os efeitos eletro-óticos são passivos. Um cristal líquido não emite luz, somente a modula. A luz pode ser somente ambiental, o que geralmente ocorre, ou de uma fonte auxiliar. A não emissão de luz pelo cristal líquido permite que a energia consumida seja muito baixa, o que o torna diretamente compatível com a microeletrônica alimentada por pilhas. Além disso, sendo não emissivo o contraste do "display" cresce com o aumento de luz ambiente ao contrário dos "displays" emissivos. A voltagem de operação é geralmente de 5 a 20 volts, portanto compatível com circuitos microeletrônicos. A espessura total de um "display" de cristal líquido é da ordem de milímetros e essa característica, juntamente com

as citadas, associadas à microeletrônica, permite um grande poder de compactação com bastante economia energética, viabilizando, assim, a miniaturização em longa escala e tornando possível a obtenção de instrumentos e equipamentos complexos realmente portáteis.

As aplicações mais evidentes são o uso em relógios digitais e calculadoras. Quem não conhece um relógio com um "display" de cristal líquido? Além dessas utilidades bem conhecidas, "displays" de cristal líquido estão sendo empregados em jogos eletrônicos para crianças e adultos e instrumentos de vários tipos (multímetros, osciloscópios, equipamentos de escritório, bombas de gasolina, painéis de mensagens, aparelhos eletrodomésticos etc.). As aplicações mais cobiçadas para o futuro próximo são o seu uso em televisores portáteis, em painéis de automóveis e aviões. O sonho maior: uma televisão colorida usando uma tela de cristal líquido.

Embora o desenvolvimento inicial e as primeiras aplicações tenham ocorrido na Europa Ocidental e nos Estados Unidos, nos últimos anos a indústria eletrônica japonesa possui quase um monopólio na fabricação de "displays" de cristal líquido. Esta já produziu protótipos de painéis de automóvel e televisores e parece pronta a lançar no mercado mundial um televisor portátil.

Pesquisa em Cristais Líquidos no Brasil

- 1) USP – Instituto de Física – Laboratório de Cristalografia
Pesquisa em cristais líquidos liotrópicos: medidas por difração de raios-X.
- 2) USP - Instituto de Química
Pesquisa em cristais líquidos liotrópicos: estudos de fases colestéricas liotrópicas, medidas por ressonância magnética nuclear e síntese de surfactantes.
- 3) UNICAMP – Instituto de Química
Pesquisa em cristais líquidos liotrópicos: síntese de surfactantes e medidas por ressonância magnética nuclear.
- 4) UNICAMP – Laboratório de Eletrônica Digital
Desenvolvimento de vidros condutores.

5) UFSC – Departamento de Física

Pesquisa em cristais líquidos termotrópicos e liotrópicos. São efetuadas sínteses de termotrópicos e surfactantes para os liotrópicos. As propriedades dos cristais líquidos são estudadas através de medidas por difração de raios-X, difusão, constantes dielétricas, índices de refração, propriedades térmicas e propriedades óticas.