

Redemoinhos de luz

Nova técnica altera frente de onda de feixes luminosos, permitindo manipular objetos microscópicos e transmitir mais informação

As figuras geométricas projetadas por um feixe laser no laboratório do físico Cid Bartolomeu de Araújo na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) podem parecer um truque banal. No entanto, esses desenhos luminosos com apenas alguns micrômetros de comprimento não são feitos de uma luz qualquer. Eles são verdadeiros redemoinhos de luz, conhecidos como vórtices ópticos. Quando incidem sobre um objeto microscópico – um grão de poeira ou uma célula viva –, esses vórtices fazem o objeto se mover e percorrer sem parar o contorno da figura projetada.

Talvez ainda pareça pouca coisa, mas as aplicações tecnológicas dos vórtices ópticos são muitas. Já usados em experimentos de física e de biologia para manipular a matéria no nível submicroscópico, os vórtices prometem aumentar em centenas de vezes o volume da informação transmitida por fibras ópticas. Também podem servir de base para uma nova geração de circuitos optoeletrônicos com dimensões nanométricas. Uma vantagem da técnica desenvolvida por um trio de físicos da UFPE é que ela dá liberdade a pesquisadores e engenheiros para moldarem os vórtices ópticos na forma que precisarem em suas aplicações.

As técnicas para criar os vórtices ópticos começaram a ser desenvolvidas

no início dos anos 1990 pelo grupo dos físicos Les Allen e Han Woerdman, da Universidade de Leiden, na Holanda, e produzem vórtices que formam circuitos com geometria circular. Vórtices com outras geometrias já foram obtidos, mas eram gerados usando técnicas mais complicadas ou que permitiam desenhar alguns tipos específicos de contornos. “Descobrimos um modo de obter qualquer forma com a mesma montagem experimental usada para gerar os vórtices circulares”, explica o físico Anderson Amaral, primeiro autor do artigo que descreveu a descoberta, publicado em maio deste ano na revista *Optics Letters*.

SACA-ROLHAS

Para produzir um vórtice óptico, os pesquisadores disparam um feixe de laser convencional em direção a uma tela de cristal líquido. Antes de chegar à tela, a onda de luz do laser se propaga como uma série de frentes planas. Ao penetrar no cristal líquido, as frentes de onda são refletidas segundo um padrão geométrico formado por faixas claras e escuras, criado pelo rearranjo das moléculas do cristal líquido controlado por computador. As áreas escuras refletem a luz instantaneamente. Já as faixas claras atrasam a reflexão. Assim, o padrão geométrico atrasa certas partes das frentes de onda de luz e dá às suas superfícies,

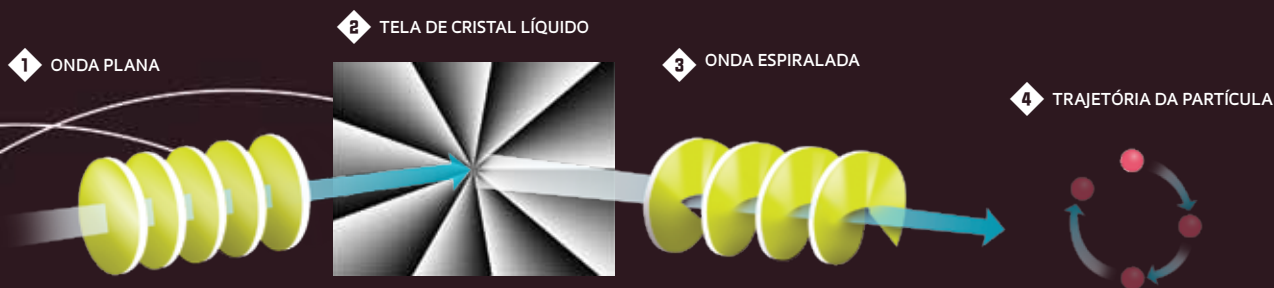
antes planas, o formato retorcido como o de um saca-rolhas (*ver figura ao lado*).

Quando o feixe de luz espiralada é projetado em uma parede, em vez de um ponto luminoso vê-se um anel de luz. A torção das ondas anula sua intensidade no eixo do feixe e cria uma área escura em seu centro. Ao mesmo tempo, o anel luminoso restante ganha o poder de pôr em movimento partículas ou pequenos objetos sensíveis à sutil força da luz. Assim, as partículas atingidas pelo feixe passam a percorrer o circuito formado pelo anel. Quanto mais espiralada a luz – isto é, quanto menor a distância entre as voltas da onda em forma de saca-rolhas, determinada pelo número de faixas escuras e claras na tela de cristal líquido –, mais rápido as partículas giram.

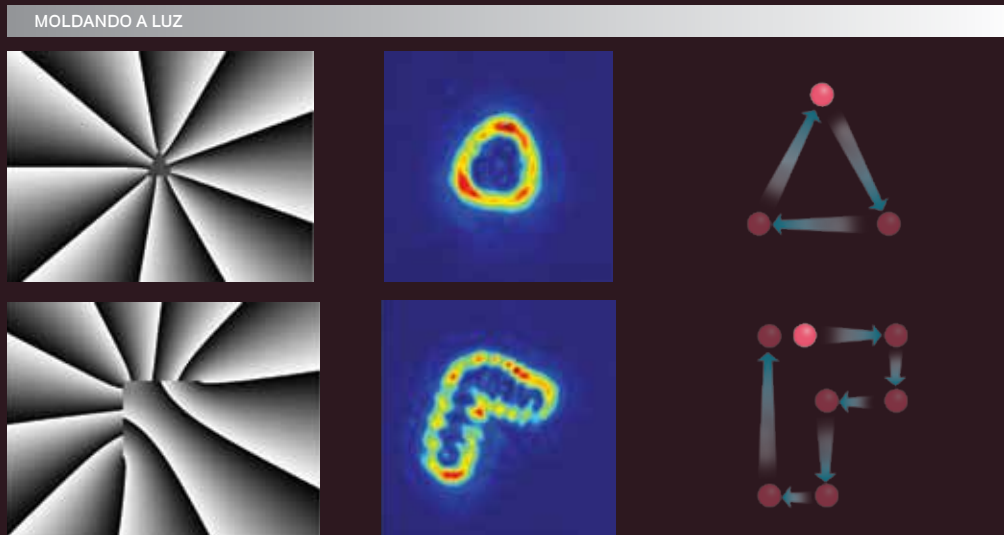
Amaral começou a investigar maneiras de controlar a torção da luz no ano passado, quando iniciou o doutorado sob a orientação de Araújo e do físico Edilson Falcão Filho, também da UFPE. A motivação de Amaral é usar os vórtices ópticos para manipular os elétrons de um metal. Atualmente, os circuitos eletrônicos não podem ser menores que alguns micrômetros (milésimos de milímetro). Mas muitos pesquisadores trabalham para criar circuitos até mil vezes menores, que funcionariam baseados em oscilações nanométricas dos elétrons – são os chamados plásmos –, criadas e

Espelho dinâmico

Padrões gerados em telas de cristal líquido moldam feixes de luz e os tornam capazes de mover pequenos objetos



Parte das ondas planas (1) sofre atraso ao ser refletida pelas faixas claras na tela de cristal líquido (2). Assim, as ondas refletidas adquirem a forma espiralada de um saca-rolhas (3). A onda em espiral faz partículas microscópicas girarem e percorrem um circuito (4). Os físicos brasileiros descobriram um novo modo de alterar o padrão de sombras do cristal e de controlar o feixe de luz e a trajetória das partículas



controladas por feixes de luz especiais, como os vórtices ópticos.

A sacada dos físicos de Pernambuco foi explorar uma propriedade dos vórtices ópticos chamada carga topológica. *Grosso modo*, essa carga é um número que determina quantas são as voltas do saca-rolhas de luz. “Todo mundo chama essa quantidade de carga topológica, mas ninguém costuma falar nas propriedades topológicas [da geometria] dela”, diz Amaral. Os matemáticos dizem que duas figuras geométricas têm uma mesma topologia se uma delas pode ser moldada na forma da outra sem precisar cortar ou colar seus pontos. Uma esfera pode ser transformada em um cubo dessa maneira. E uma xícara pode gerar uma rosquinha e vice-versa. Do mesmo modo, os pesquisadores notaram que seria possível mudar a forma dos vórtices de luz sem modificar a sua topologia. Em outras palavras, o anel de luz poderia assumir formatos diferentes – por exemplo, o da

letra L – e manter a capacidade de transmitir seu giro a uma partícula qualquer.

CÍRCULOS E TRIÂNGULOS

A novidade da técnica desenvolvida pela equipe de Araújo é moldar o anel dos vórtices alterando o formato na parte central do padrão preto e branco da tela de cristal líquido. No artigo da *Optics Letters*, eles demonstraram a técnica criando vórtices em forma de L, de círculos alongados e de triângulos. “Estamos estendendo a técnica para criar formas mais complexas”, diz Araújo.

“Essa é uma abordagem bem eficiente de moldar vórtices ópticos”, diz o físico Johannes Courtial, do grupo de Miles Padgett, da Universidade de Glasgow, na Escócia, um dos mais importantes grupos de estudo de vórtices ópticos no mundo. Courtial acha interessante como a porção escura central do vórtice funciona como uma espécie de molde da parte luminosa do vórtice.

Embora esteja concentrado na aplicação dos vórtices nos circuitos de plásmos, o grupo da UFPE acredita que a técnica possa ser útil também em telecomunicações. As fibras ópticas atuais transportam mensagens simultaneamente por meio de feixes lasers de comprimentos de onda diferentes que viajam juntos no interior das fibras. O limite de fluxo de informação é da ordem de 10 gigabits por segundo. Um grupo internacional de engenheiros demonstrou em um artigo publicado em 28 de junho na revista *Science* que codificar informação por meio dos vórtices ópticos expandiria esse limite para além de mil gigabits por segundo. “Esse limite aumentaria ainda mais se pudessemos mudar o formato dos vórtices”, explica Falcão Filho. ■ Igor Zolnerkevic

Artigo científico

AMARAL, A.M. *et al.* Shaping optical beams with topological charge. *Optics Letters*. v. 38, n. 9. mai. 2013.