



>
FÍSICA

Ligações perdidas

Emaranhamento quântico pode desaparecer de maneira repentina, uma pedra no caminho da computação quântica

Desde meados da década de 1980, muitos cientistas apostam que a aplicação da física quântica no processamento de informações definirá o futuro da computação, como previu o físico norte-americano Richard Feynman. Isso porque, em princípio, as leis do universo quântico possibilitariam um desempenho muito superior ao das máquinas atuais. Mas uma peculiaridade do mundo das partículas subatômicas, comprovada por físicos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), pode ser uma pedra no caminho do desenvolvimento dos computadores quânticos.

Em um artigo publicado em 27 de abril na *Science*, Luiz Davidovich e seus colegas do Laboratório de Óptica Quântica do Instituto de Física da UFRJ mostraram como uma propriedade essencial para o funcionamento de um computador quântico – o emaranhamento – pode desaparecer repentinamente.

Esse fenômeno faz com que um conjunto de partículas compartilhe de maneira quase telepática certas propriedades, sem nenhuma ligação física entre elas. Isso só acontece em escala extrema-

mente pequena – próxima do tamanho de um átomo – em que as leis da física clássica dão lugar à mecânica quântica. Imagine que seja possível emaranhar um par de dados de modo que a soma dos dois seja sempre 7. Enquanto o primeiro dado não for lançado, não se pode saber qual será o número sorteado no segundo. Mas se o primeiro dado cair com o número 4 para cima é possível afirmar que, ao lançar o segundo dado, o resultado será 3. Na perspectiva da mecânica quântica, enquanto os dados rolam, a probabilidade de aparecer qualquer um dos números é a mesma. Os físicos interpretam essa situação como se o dado mostrasse os seis números ao mesmo tempo.

Essa indefinição, chamada de superposição de estados, está no centro da teoria quântica da informação, que explora efeitos do mundo quântico para armazenar, transmitir e processar informação. Enquanto os *bits* de um computador clássico correspondem a um único estado por vez (os famosos 0 ou 1 do sistema binário), os *bits* de um computador quântico, apelidados de *qubits*, podem apresentar diferentes estados si-

multaneamente. Com isso, um processador composto por *bits* quânticos (átomos, elétrons ou outras partículas) seria capaz de realizar um número enorme de cálculos ao mesmo tempo, e seu poder dobraria a cada *bit* adicionado.

Ocorre que a perda repentina do emaranhamento comprometeria o funcionamento do sistema. Isso porque se perderia o controle sobre a informação codificada naqueles *qubits*. Voltando à metáfora, é como se o segundo dado passasse a dar um resultado aleatório depois de se lançar o primeiro – e a soma dos dois deixasse de ser sempre a esperada.

Morte súbita - Batizado de morte súbita do emaranhamento, o efeito observado pela equipe da UFRJ já havia sido previsto por físicos teóricos. Em um artigo publicado em 2006 na *Physical Review A*, Davidovich formulou, com outros colegas, um método para observar o sumiço do elo quântico entre partículas. No experimento relatado no artigo da *Science* a equipe fez uma adaptação: em vez de usar átomos, trabalhou com fótons, as partículas elementares da luz. Os diferentes níveis de energia dos átomos fo-

ram simulados pela polarização dos fótons, o sentido de vibração de seu campo magnético. A polarização vertical correspondia ao nível mais alto de energia, e a horizontal, ao mais baixo.

O primeiro passo foi obter um par de fótons emaranhados. Para tanto, os pesquisadores fizeram um feixe de laser atravessar um cristal capaz de absorver a energia de um fóton e emitir dois fótons emaranhados – cada um com a metade da energia do original. Os fótons foram emaranhados de modo que apresentassem sempre a mesma polarização. Assim, embora não se pudesse afirmar de início se eles vibravam na vertical ou na horizontal, ao medir a polarização de um imediatamente se determinava a do outro. Então, esses pequenos pacotes de luz foram guiados por uma rede de espelhos, lentes e outros apetrechos ópticos. No final do labirinto, um detector media a ligação entre os fótons. No trajeto, a polarização dos fótons decaía progressivamente do nível de energia mais alto (polarização vertical) para o mais baixo (horizontal). Em geral, quando os fótons atingissem a polarização horizontal, eles deixariam de estar emaranhados. Mas no experimento do Rio o emaranhamento se perdeu antes disso.

O motivo da perda precoce do emaranhamento é a interação do sistema com o ambiente: à medida que as partículas perdem energia para o meio, a intensidade do emaranhamento diminui. Mas há estados em que a sensibilidade à interferência do meio é menor. “No nosso experimento, fótons com polarização vertical são mais sensíveis que fótons com polarização horizontal”, explica Marcelo de Almeida. Primeiro autor do artigo da *Science*, Almeida está na Universidade de Queensland, Austrália, buscando fontes mais eficientes de fótons emaranhados e meios de miniaturizar experimentos como o da UFRJ. O trabalho de Queensland tenta construir um protótipo de computador quântico financiado pelas Forças Armadas dos Estados Unidos. Encontrar formas de prolongar o emaranhamento será essencial para se desfrutar todo o potencial da computação quântica. “Sem o emaranhamento, o computador quântico se tornaria um computador clássico”, diz Davidovich. ■

DANIEL KON

