

Grafeno na nova eletrônica

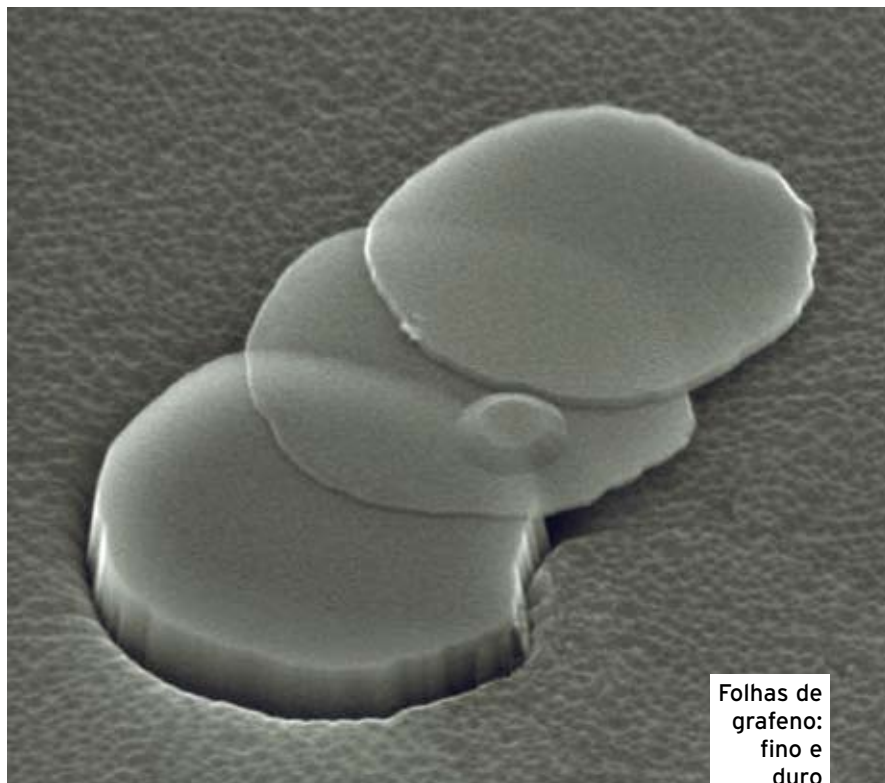
Material pode ser a base de um hipotético nanotransistor quântico

MARCOS PIVETTA

Filme de carbono com apenas um átomo de espessura e dotado de uma estrutura hexagonal, o grafeno é uma das esperanças para o desenvolvimento de uma nova eletrônica, a spintrônica, que poderá levar ao surgimento de computadores quânticos, ainda menores e mais rápidos. Nesse novo mundo, a informação magnética não seria transmitida apenas pela corrente elétrica, como ocorre nos micros atuais, mas fundamentalmente por outra propriedade dos elétrons, por seu *spin*. Como só existem dois valores possíveis para o *spin*, esse estado do elétron pode ser útil para armazenar e propagar dados na forma de bits. Mas o sinal gerado pela corrente de *spin* é extremamente fraco e tende a se propagar em todas as direções, duas características que dificultam seu controle e detecção. De acordo com um trabalho recente de físicos teóricos brasileiros, esses empecilhos são aparentemente contornáveis no grafeno, um candidato a tomar o lugar do silício nos circuitos integrados do futuro: o *spin* de seus elétrons pode

ser amplificado e controlado por meio de um mecanismo que funciona como uma lente, criando a possibilidade de o material ser usado como um nanotransistor quântico.

“Provamos matematicamente que o grafeno pode atuar como uma lente e redirecionar a corrente de *spin* de uma fonte magnética para uma determinada região onde se encontra uma unidade receptora”, diz o físico brasileiro Mauro Ferreira, do Trinity College, de Dublin, que participou do estudo, publicado na edição de maio do *Journal of Physics: Condensed Matter*, ao lado de colegas da Universidade Federal Fluminense (UFF). “Dessa forma, uma parte da informação que seria perdida pode ser resgatada.” Nada disso ainda foi feito em laboratório, apenas esboçado em trabalhos teóricos. Depois de uma série de cálculos, os pesquisadores afirmam que o grafeno, um material mais resistente do que o aço e melhor condutor de eletricidade do que o cobre, pode se comportar como um transistor de *spin* se exposto a certas condições. O artigo é o terceiro do grupo de físicos



Folhas de grafeno: fino e duro

UNIVERSIDADE DE MANCHESTER

a explorar teoricamente as possibilidades do uso de nanotubos de carbono e do grafeno na spintrônica. Os dois estudos anteriores saíram no ano passado na *Physical Review B*.

Para transformar o *spin* do grafeno num meio capaz de transmitir informação num sistema quântico, os brasileiros trabalharam com um cenário bastante particular. A criação de uma corrente de *spin* foi simulada por meio da inserção de um objeto magnético na arquitetura atômica em forma de colmeia do grafeno, composta apenas por carbonos. “Imagine um pequeno ímã em movimento rotatório numa folha de grafeno”, compara Ferreira. A presença desse objeto estranho faria o *spin* dos elétrons de carbono vibrarem sucessivamente da mesma maneira. A vibração do *spin* de um elétron seria então repassada a seu vizinho e assim por diante. O problema é que uma corrente de *spin* se dissemina, sem controle, por todas as direções do grafeno. “A exemplo das ondas criadas por uma pedra jogada num lago, essa corrente é mais fraca à medida que se distancia de sua origem”, diz o pesquisador

Pequena perda de energia - O passo seguinte da simulação foi dividir o filme de grafeno em duas partes e alterar a densidade de carga elétrica numa delas. O procedimento geraria nesse segmento do grafeno um potencial de porta, um caminho para o qual a corrente de *spin* se dirigiria e por meio do qual se disseminaria pelo material. “A corrente de *spin* não dissipa calor no grafeno e a perda de energia num sistema assim seria mínima. Um dispositivo que funcionasse por meio dessa corrente consumiria pouquíssima energia”, afirma o físico Roberto Bechara Muniz, da UFF, outro autor do trabalho. Além de canalizar a corrente de *spin* para uma região específica do grafeno e, assim, amplificar seu sinal, a criação da porta funcionaria como uma chave para ligar e desligar o transistor. Permitiria barrar ou liberar a passagem da corrente de *spin*. “Nosso trabalho dá apenas uma pequena contribuição sobre essa questão, mas mostra ser possível controlar a corrente de *spin* no grafeno”, diz Muniz.

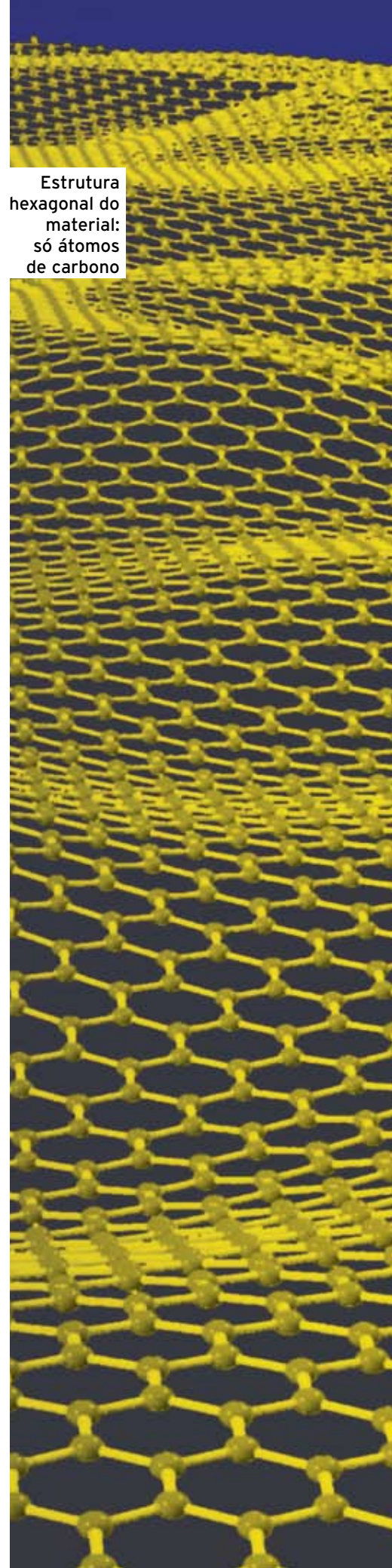
Especialista em spintrônica, José Carlos Egues, do Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo, que não participou dos trabalhos de Ferreira e Muniz, considera os resultados interessantes, mas ainda muito preliminares. “Mais estudos são necessários para explorar a viabilidade da proposta e a sua relevância para aplicações em spintrônica”, comenta Egues.

Por didatismo, o *spin* é descrito como o movimento feito por um elétron ao girar em torno do próprio eixo como um pião. Há duas formas de *spin*, uma com rotação para cima e outra para baixo. Na verdade, o fenômeno é mais complicado do que isso e um elétron pode apresentar simultaneamente as duas variantes de *spin*. Em termos práticos, o desenvolvimento de uma nova eletrônica depende do pleno domínio da corrente de *spin*, como se tem atualmente da corrente elétrica, e de ter meios eficazes de controlar a conversão de um tipo de *spin* para outro. Físicos de todo o mundo têm tentado criar correntes de *spin* em materiais semicondutores e também no grafeno, um cristal bidimensional com um conjunto de propriedades singulares.

Num artigo publicado na revista científica americana *Science* de 15 de abril deste ano, Andre Geim e Konstantin Novoselov, físicos da Universidade de Manchester que ganharam o Nobel de Física de 2010 por seus trabalhos com o grafeno, mostraram indícios de que esse material pode mesmo transmitir uma corrente de *spin*. Eles aplicaram um campo elétrico entre dois eletrodos situados um milionésimo de metro de uma folha desse material e mediram a voltagem numa região distante 10 milionésimos de metro dos eletrodos. Quando o grafeno foi exposto a um campo magnético, a voltagem se tornou mais elevada. Essa variação, segundo os autores do estudo, é uma evidência de que há uma corrente de *spin* passando pelo grafeno. ■

Artigo científico

GUIMARÃES, F.S.M. *et al.* Graphene as a non-magnetic spin current lens. **Journal of Physics: Condensed Matter**. v. 23, n. 17. 4 mai. 2011.



Estrutura hexagonal do material: só átomos de carbono