

Grafeno, o material do futuro

O grafeno, primeiro material bidimensional criado pelo homem, está destinado a transformar diferentes indústrias, da energética à eletrônica, passando pela biomédica ou pela aeroespacial, já que possui uma série de qualidades que o tornam único no mundo. A transição da sua aplicação em centros de investigação para a produção industrial em massa é o principal desafio de um elemento inovador que os órgãos públicos e empresas privadas estão apostando em todo o mundo.

Apesar de que o grafeno se conhece desde os anos 30 (quando se descreveram sua ligação química e sua estrutura) durante décadas foi um material infamado ao considerar-se instável termodinamicamente. Por isso supôs uma autêntica revolução científica que, em 2004, Andre Geim e Konstantin Novosiólov conseguissem isolar o grafeno a temperatura ambiente, extraindo do grafite uma lâmina de um único átomo de carbono. Os cientistas de origem russa obtiveram seis anos mais tarde o prêmio Nobel por este descobrimento.

Desde então, as investigações sobre este material foram multiplicando-se em todos os cantos do planeta, e muitos especialistas consideram-no o material do futuro, ao ser muito abundante e possuir umas propriedades revolucionárias:

- **Extremamente leve.** É um milhão de vezes mais fino que uma folha de papel e uma lâmina de um metro quadrado pesa somente 0,77 gramas. “É o material mais fino já desenvolvido”, revela Mar García Hernández, professora de investigação do Instituto de Ciências de Materiais de Madrid do CSIC, até o ponto de que “com um grama de grafeno poderíamos cobrir a terceira parte de um campo de futebol”.
- **Muito resistente.** É o material mais duro que se conhece. Tem uma resistência mecânica de 42 N/m (tensão de ruptura), enquanto uma lâmina de aço da mesma espessura teria aproximadamente uma resistência de 0,40 N/m
- **Flexível.** Uma lâmina pode esticar-se 10% do seu tamanho normal de forma reversível e pode dobrar-se sem danificar-se até 20%.
- **Praticamente transparente, mas denso.** Nem sequer um átomo de hélio (o mais diminuto que existe) pode atravessar seus buracos (entre os átomos de carbono).
- **Supercondutor.** Transporta muito bem a eletricidade e é o melhor condutor de calor conhecido. Sua condutividade térmica é de 5.000 W/mK, maior que a do cobre, o diamante ou a prata, o que lhe permite dissipar o calor e suportar intensas correntes elétricas sem aquecimento.
- **Impermeável.** As lâminas de grafeno têm átomos de carbono tão estreitamente unidos que podem funcionar como redes atômicas super finas, impedindo a passagem de outros materiais.

- **Inerte quimicamente.** Não reage com o oxigênio do ar, nem enferruja.
- **Não contamina.** É carbono puro, extraído diretamente da natureza.
- **Biocompatível.** Não é tóxico para as células biológicas, o que favorece suas aplicações no campo da medicina.

Industrialização do grafeno

Todas estas propriedades fazem com que o grafeno seja conhecido como o “material milagroso”, e as oportunidades de inovação tecnológica que proporciona são elogiadas tanto pela comunidade científica como pela industrial pelas melhorias na produtividade, eficiência e rentabilidade que sua aplicação pode trazer. Todos estes fatores dispararam sua demanda nos últimos anos, apesar de que se está encontrando com um grande obstáculo: o fornecimento ainda não é suficiente.

Ao ser extremamente leve, resistente, flexível e supercondutor, suas propriedades são especialmente demandadas pela indústria

García Hernández põe sobre a mesa um dos grandes desafios que enfrenta o grafeno no futuro: sua produção “livre de imperfeições e a baixo custo”. Não obstante, sua obtenção é relativamente simples, seja por esfoliação ou a partir de diversas fontes baseadas no carbono, que é um dos materiais mais abundantes da Terra. No entanto, sua produção não está avançando de maneira mais rápida porque conseguir o material de maior qualidade – quando o grafeno demonstra suas qualidades – requer processos de sintetização complicados e custosos.

“O processo para sua industrialização desacelerou porque, embora a síntese do grafeno a nível industrial tenha progredido muito, o preço de algumas das formas em que se fabrica continua sendo alto como consequência de que o mercado não está ainda desenvolvido e, portanto, sua produção não se beneficia de uma economia de escala”, assinala a pesquisadora do CSIC.

Daí que seu estudo no âmbito de laboratório e seu uso a escala industrial esteja mais restrito. De fato, alguns protótipos já demonstraram que se podem desenvolver baterias de grafeno dez vezes mais potentes que as atuais ou lentes de câmaras mil vezes mais luminosas, mas seus custos de fabricação são excessivamente elevados em grandes quantidades.

É por isso que as investigações atuais têm como objetivo encontrar métodos de obtenção do grafeno mais baratos, a maior escala e com mais qualidade, como a descoberta por especialistas da Universidade de Illinois para fabricar este material a partir de água carbonatada; a da Universidade de Rice, que conseguiu extrair grafeno de alta qualidade a partir do açúcar comum aquecido a 800° C; ou o Instituto de Química Física da Academia Polonesa de Ciências, que já está empregando ultrassons para obter lâminas enferrujadas e escamas de grafeno.

O que o futuro nos reserva?

A pesquisadora do CSIC insiste na integração deste material em tecnologias convencionais, como a eletrônica baseada no silício, como chave do futuro: “Espera-se poder produzir moduladores optoeletrônicos que ajudem a conseguir sistemas de telecomunicações mais ágeis”, ressalta García Hernández. Não obstante, o grafeno conduz o calor cem vezes mais rápido que o silício usado nos chips, o que permitiria fabricar processadores dez vezes mais velozes, mais leves e eficientes.

Isso sim, “a integração do grafeno em muitas aplicações tem que competir com outras tecnologias bem desenvolvidas em que houve décadas de investimento sustentado e, portanto, nesses setores é difícil sua implantação, porque envolveria mudar cadeias de produção e cadeias de valor muito bem estabelecidas e isso é muito custoso”, ressalta García Hernández.

Nas universidades e centros de investigação já estão ensaiando para a fabricação de aviões com uma cobertura de grafeno nas asas para reduzir o peso total da aeronave.

Entretanto, as investigações já permitiram que o grafeno se utilize como reforço mecânico de compósitos poliméricos para melhorar suas propriedades, o que dará lugar a materiais mais resistentes e condutores, de grande interesse para as indústrias armamentística, automotora e aeroespacial. Este último setor também se está vendo favorecido pelos avanços no uso combinado do grafeno em outros compósitos como retardador do fogo, e estão começando a realizar provas em condição de gravidade zero para drenar calor a partir de elementos que o geram.

Além destes três setores, nos que a previsão de aplicações é mais prometedora, não são as únicas. “Estão sendo feitos ensaios muito interessantes para utilizar o grafeno como eletrodo flexível e nada invasivo em tecido cerebral. Outro campo muito ativo é o de sensores baseados no grafeno para fazer wearables no âmbito biomédico e meio ambiental, e estão se desenvolvendo aplicações em baterias, supercondensadores e pilhas de combustível,” assinala García Hernández.

Nas universidades e centros de investigação já estão ensaiando para a fabricação de aviões com uma cobertura de grafeno nas asas para reduzir o peso total da aeronave; espuma de grafeno criada mediante nanotubos de carbono, leve e flexível, mas que suporta até 3.000 vezes seu peso sem romper-se; ou coletes antibalas formados por duas camadas de grafeno e um substrato de silício de uma espessura similar à do papel de alumínio. Estas são algumas das aplicações revolucionárias de um material que, após anos de investigações, mostrará nos próximos seu grande potencial com sua industrialização a grande escala.

Aplicações futuras do grafeno

Fonte: “Graphene Flagship. Annual report 2017”, de Graphene Flagship

Iniciativa Graphene Flagship

Apesar de que o desenvolvimento de aplicações baseadas em grafeno está mais desenvolvido na Coreia e China, onde se registram o maior número de patentes, García Hernández congratula-se de que a Europa lidere a corrida científica no âmbito internacional, graças ao desenvolvimento de programas específicos, como o Graphene Flagship.

Esta iniciativa, a maior em investigação da UE com uma duração de dez anos, tem um orçamento de 1 bilhão de euros e uma rede de 150 grupos de investigação académicos e industriais. Representa uma nova forma de investigação conjunta coordenada a uma escala sem precedentes.

Lançada em 2013, acabou de passar o ponto médio de sua existência “com grandes avanços e expectativas no desenvolvimento de muitas aplicações”, como a integração de grafeno em optoeletrônica, em condições similares às que se requerem nessa indústria, tal como reconhece Mar García Hernández, que lidera o Workpackage de Materiales do projeto. Além disso, a pesquisadora elogia os grandes desenvolvimentos no campo dos compostos poliméricos para reforço mecânico e de polímeros condutores da eletricidade e do calor.

Nesta linha, os trabalhos de investigação estão se centrando na funcionalização de grafeno para aplicações biomédicas, como sensores específicos de moléculas biológicas. Também se está avançando em sua síntese direta sobre substratos que não conduzem a eletricidade, como o vidro convencional, e nas pastilhas de silício que se utilizam em eletrônica ou sobre óxido de titânio para aplicações em células fotovoltaicas.

Colaborou para a elaboração deste artigo...

Mar García Hernández (Madri, 1959) é professora de Investigação do CSIC. Realizou seu doutorado no Instituto de Estrutura da Matéria do CSIC e trabalhou no Instituto J. Heyrovsky (Academia Tcheca de Ciências, Praga), na École Polytechnique Fédérale de Lausanne e no Rutherford Appleton Laboratory (Oxfordshire, Reino Unido).

Sua investigação em física experimental da matéria condensada iniciou-se em sistemas desordenados, e agora centra-se em sistemas de baixa dimensionalidade e fortemente correlacionados. Desde 2008 dirige o Laboratório de Magnetismo e de Magnetotransporte do Instituto de Ciências de Materiais de Madri do CSIC.

É líder do Workpackage de Materiales do projeto europeu Flagship da Comunidade Europeia. Publicou mais de 270 artigos científicos em revistas internacionais, dirigido numerosos projetos de investigação, nacionais e europeus, assim como teses doutorais, e é coautora de várias patentes. Desde 2007 é diretora científica do Concurso ‘Arquimedes’ para o fomento da investigação entre estudantes de licenciatura e mestrado. É coordenadora da Red Española de Grafeno, e em 2017 recebeu o prêmio ‘Investigador Inovador’ do Fórum de Empresas Inovadoras.