

# Maleable y no se deforma

Una espuma elaborada con óxido de grafeno y nitruro de boro resulta liviana y resistente y recupera su forma original luego de comprimírsela

**Marcos Pivetta**

PUBLICADO EN OCTUBRE DE 2014

**A**sociada a otras moléculas, la hoja de átomos de carbono que le da forma al grafeno puede adquirir propiedades aún más sorprendentes. Un equipo de científicos de la Universidad Rice (E.E.UU.), con participación de físicos de la Universidad de Campinas (Unicamp), desarrolló un tipo de esponja extremadamente liviana, resistente y maleable a partir de una reacción química que junta una variante de ese material, el óxido de grafeno (GO), y la forma hexagonal del nitruro de boro (BN), un compuesto sintético empleado como lubricante y aditivo en cosméticos. Se comprimieron muestras de la esponja de unos pocos centímetros de tamaño con monedas de un centavo de dólar y recuperaron su forma inicial sin problemas. La estructura nanométrica del nuevo material, denominado GO-0.5BN, se asemeja a las entrañas de un edificio en construcción: los pisos y las paredes se montan solos a partir de una base de hojas de óxido de grafeno reforzada con placas de nitruro de boro. La densidad del GO-0.5BN es 400 veces menor que la del grafito.

El nitruro de boro, formado únicamente por uniones de átomos de boro y nitrógeno, presenta una configuración hexagonal similar a la del grafeno, en el cual se encaja sin mayores problemas y le confiere mayor resistencia y maleabi-

lidad mecánica. “El nuevo material es estable desde el punto de vista químico y térmico y puede emplearse en sistemas de almacenamiento de energía, tales como supercapacitores y electrodos de baterías, y para absorber gases”, dice Douglas Galvão, del Instituto de Física Gleb Wataghin, de la Unicamp, quien participó en el estudio. “El nitruro de boro refuerza la estructura del óxido de grafeno, que presenta algunos agujeros y puede volverse quebradiza en ciertos puntos”, explica el físico teórico Pedro Alves da Silva Autreto, quien lleva adelante su posdoctorado en la Unicamp con beca de la FAPESP y pasó una temporada en la Rice, donde realizó simulaciones computacionales sobre las características del GO-0.5BN. El proceso empleado para obtener la esponja y sus propiedades se dieron a conocer en un artículo científico publicado el 29 de julio en la revista *Nature Communications*.

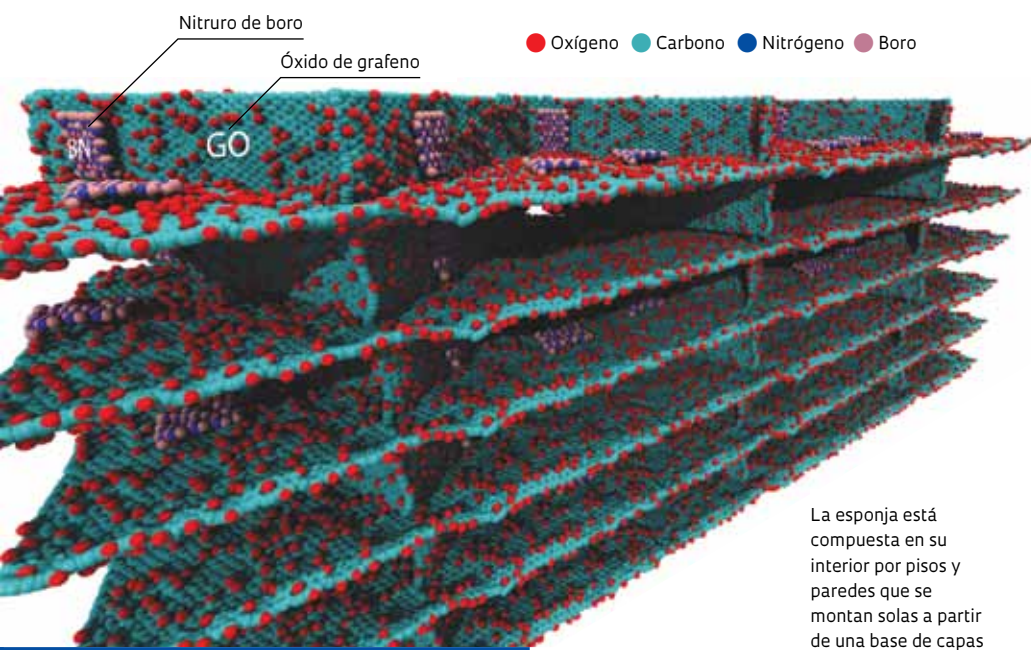
El óxido de grafeno mantiene prácticamente las mismas propiedades del grafeno puro, pero su obtención es más sencilla y más barata. Por eso los investigadores prefirieron usarlo en sus experimentos. Puede producirse en grandes cantidades mediante la exfoliación química del óxido de grafito. La presencia de átomos de oxígeno en medio de la colmena hexagonal de carbonos de grafeno le confiere otra ventaja al compuesto: es más fácil

hacer pilas de hojas de óxido de grafeno –para crear así capas al mismo tiempo extremadamente resistentes y finas– que tan sólo de grafeno. “Esperábamos que el agregado de nitruro de boro al óxido de grafeno generase una nueva estructura, pero no exactamente con el ordenamiento de capas que descubrimos”, afirma la ingeniera eléctrica Soumia Vinod, de la Universidad Rice, la primera autora del *paper* sobre la esponja.

Las placas de nitruro de boro hexagonal se encuentran distribuidas uniformemente por todos los pisos y las paredes de la estructura interna del material que compone la esponja. Su presencia mantiene unidas a las hojas de óxido de grafeno que funcionan como una especie de esqueleto del GO-0.5BN. Según Vinod, las placas absorben el estrés ocasionado por la compresión y el estiramiento de la esponja, evitan que los pisos de óxido de grafeno se desmoronen o presenten rajaduras y aumentan la estabilidad térmica del compuesto.

## SIN PATENTE

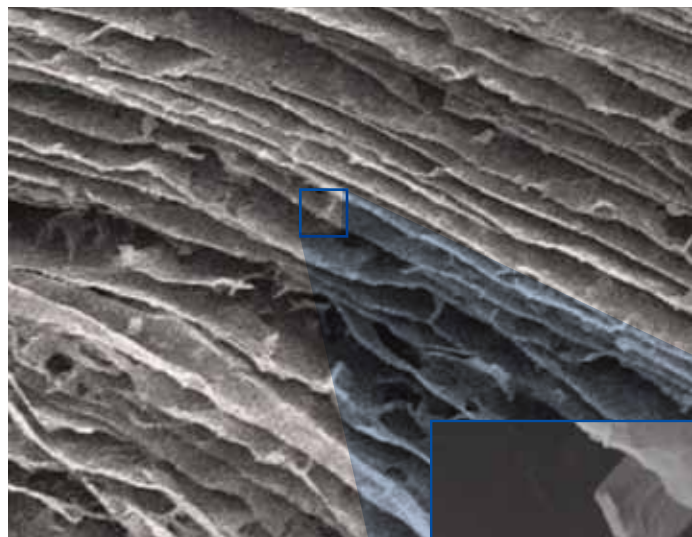
Hasta llegar a la formulación química de la esponja que presentaron en el artículo científico, los investigadores probaron versiones del nuevo material con distintas proporciones de sus dos ingredientes. Mientras que los de la Rice mezclaban diferentes cantidades de óxido de grafeno



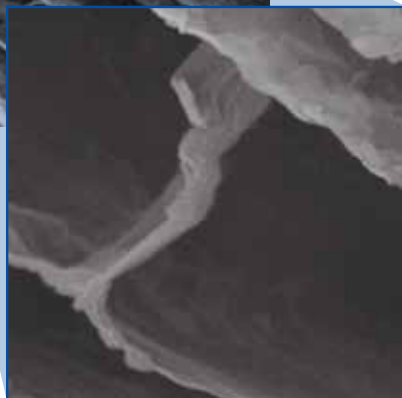
La esponja está compuesta en su interior por pisos y paredes que se montan solas a partir de una base de capas de óxido de grafeno reforzadas con placas de nitruro de boro

## Refuerzo estructural

El nitruro de boro en su forma hexagonal torna a las hojas de óxido de grafeno menos quebradizas y evita que las capas internas del material se desmoronen



Imágenes de microscopía electrónica muestran las capas de la estructura interna (*arriba*) y el detalle de una pared de sustentación de las hojas de óxido de grafeno y nitruro de boro



y de nitruro de boro, ambos compuestos en forma de polvo, Autreto realizaba simulaciones en la computadora intentando prever las propiedades del material en gestación y suministrarles parámetros a sus colegas para que refinasen el trabajo de laboratorio. “Yo era el único físico teórico entre 50 investigadores del área experimental del grupo del profesor Pulickel Ajayan”, afirma Autreto, en referencia al tiempo durante el cual permaneció en la universidad estadounidense. La versión más estable de la esponja fue la que debía la mitad del peso final a la presencia de nitruro de boro en la mezcla. El óxido de grafeno interactúa con el nitruro de boro debido a la acción de catalizadores químicos. El producto final de la reacción, el material esponjoso, es liofilizado, es decir, está congelado y pierde su agua por sublimación. La esponja presenta la forma del recipiente donde se la generó. “Cuando tenemos en manos las cantidades necesarias de óxido de grafeno y de nitruro de boro hexagonal, tardamos entre dos y tres días para producir la espuma”, explica Vinod.

Por ahora, la esponja nanoestructurada que no se deforma y puede almacenar energía o absorber gases no se ha protegido con una patente comercial. La colaboración de la Unicamp con la Rice continuará y seguramente redundará en nuevos trabajos. “Dos posdoctores de nuestro equipo se juntarán al grupo del profesor Ajayan para dar continuidad a la colaboración”, afirma Galvão, quien fue el director de la maestría y del doctorado de Autreto y también supervisa su posdoctorado. ■

### Proyecto

Propiedades estructurales, mecánicas y de transporte de grafeno y estructuras relacionadas (nº 11/ 13259-7); **Modalidad** Beca de posdoctorado; **Investigador responsable** Douglas Soares Galvão (IFGW/ Unicamp); Bolsista Pedro Alves da Silva Autreto; **Inversión** R\$ 139.310,43 (FAPESP).

### Artículo científico

VINOD, S. *et al.* Low-density three-dimensional foam usings elf-reinforced hybrid two-dimensional atomic layers. **Nature Communications**. 29 jul. 2014.