

Estudo sobre

Grafeno



FIERGS CIERGS

Comitê da Indústria de Defesa e Segurança

O que é e sua origem:

O termo “grafeno” (em inglês, *graphene*) foi utilizado pela primeira vez em 1987, porém foi definido oficialmente em 1994, pela *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC). Contudo, somente em 2004 foi possível isolar o composto, o qual foi extraído de uma amostra de grafite, através do uso da técnica de esfoliação mecânica. Os pesquisadores deste feito são Andre Geim e Kostya Novoselov, da Universidade de Manchester, Reino Unido. A partir deste estudo, outros pesquisadores de outras localidades começaram a investigar novos meios de obtenção do material.

O grafeno consiste em uma estrutura de duas dimensões, ou seja, plana, com uma única camada de átomos de carbono, ligados de forma hexagonal. Seu formato é considerado um bloco básico para construção de outros arranjos, especialmente para quase toda a família de alótropos de carbono. Dentre os arranjos que podem ser formados, convém mencionar três: o fulereno, que possui formato esférico; os nanotubos, que são cilíndricos; e o grafite, formado por um amontoado de estruturas bidimensionais do grafeno. Em outras palavras, os fulerenos e nanotubos de carbono podem ser vistos como uma folha de grafeno enrolada, formando uma esfera e um cilindro, respectivamente. Já o grafite pode ser considerado como uma pilha de folhas de grafeno deslocados alternadamente.

A estrutura do material é constituída de átomos de carbono sp^2 ligados e ordenados em um retículo bidimensional que garante as suas únicas propriedades. Nota-se que o grafeno possui estrutura simples e com ótimas propriedades físicas, porém sua obtenção ainda necessita ser aprimorada. Atualmente, as barreiras que impedem o avanço da exploração do material estão relacionadas às escassas formas de sintetizar economicamente o grafeno.

Processos de obtenção:

Existem quatro principais processos que podem ser utilizados para a obtenção do grafeno. Cada um desses métodos tem vantagens e desvantagens em termos de facilidade de uso, qualidade e escalonamento.

1. Esfoliação química em fase líquida a partir do grafite

O método de esfoliação química na fase líquida do grafite consiste em diminuir e quebrar as interações intermoleculares do tipo empilhamento contidas entre as camadas de grafeno, por meio do uso de reagentes químicos de fácil acesso, como o cloreto de potássio e os ácidos nítrico e sulfúrico. O consumo desses reagentes é interrompido por conta da produção de gases em alta pressão, degradando a estrutura do grafite. Esta técnica pode ser usada em larga escala para a produção do grafeno.

2. Método CVD

O Método CVD obtém grafeno através da deposição química na fase vapor em substratos de cobre, que já que possui uma configuração eletrônica estável, devido à sua afinidade com o carbono e formação de ligações fracas na superfície, tornando-se um material propício para o crescimento do grafeno em sua superfície. O processo é realizado depois da aplicação de um tratamento térmico na superfície do cobre, em que se aplica gases de argônio e hidrogênio para aumentar os grãos do cobre e, assim, proporcionar uma superfície mais uniforme. Após esse tratamento, um gás carbonáceo (metano, acetileno, etileno, benzeno etc.) é colocado no forno CVD, onde o gás é degradado a altas temperaturas e baixa pressão, aderindo ao substrato presente. Quando do crescimento da folha de grafeno, o forno é esfriado para a sua retirada.

A vantagem deste método é que a produção do grafeno em larga escala é possível, haja vista que o custo da amostra de cobre é mais baixo quando comparado com os outros processos de obtenção do

material. Por outro lado, o tamanho da folha de grafeno a ser produzida é limitada pelo tamanho da superfície do cobre utilizado. Além disso, o transporte elétrico também é limitado, pois, devido à baixa interação do grafeno ao substrato, os elétrons se espalham e, por conseguinte, a qualidade do transporte é menor do que o processo de esfoliação do grafite (que será abordado a seguir).

3. Esfoliação micromecânica

A esfoliação micromecânica é o método mais simples, onde utiliza-se a aplicação de uma fita adesiva em um grafite pirolítico altamente orientado (HOPG). Em seguida, a fita adesiva contendo o grafite é retirada e sobreposta levemente em um substrato de óxido de silício (SiO_2). A folha de grafeno adere ao substrato por ter maior afinidade em relação ao próprio grafeno, fato que pode ser observado em um microscópio ótico. A fim de eliminar os vestígios da cola de adesivo, utiliza-se uma câmara aquecida contendo argônio e hidrogênio. Esse método, todavia, não produz uma quantidade que seja comercialmente eficiente, sendo adequada para estudos laboratoriais.

4. Crescimento de grafeno epitaxial em SiC

É possível obter grafeno nas superfícies do carbeto de silício (SiC) por meio de diversos processos, porém os melhores resultados advêm do crescimento em pressão atmosférica. Neste método, a amostra de SiC é colocada em um forno à alta pressão atmosférica em ambiente contendo argônio. O forno é aquecido até temperaturas no intervalo de 1500°C a 2000°C , levando à sublimação do silício do substrato. Com isso, o carbono fica depositado sobre a superfície do SiC , onde se reorganiza para formar as monocamadas do grafeno. O crescimento de grafeno em SiC com pressão atmosférica apresenta bons resultados no que se refere à qualidade e produção do material, porém o processo é mais custoso quando comparado aos outros apresentados anteriormente.

Potencialidades, aplicações e valor:

O grafeno é de grande interesse para cientistas, pesquisadores e Estados devido à sua vasta aplicabilidade em diferentes áreas de estudo. O material é o primeiro com a estrutura de moléculas formada em apenas duas dimensões, tem capacidade de ser duzentas vezes mais resistente à tração que o aço e é um milhão de vezes menor que um fio de cabelo humano. Ademais, deve-se notar que ele é leve, flexível, condutor elétrico e térmico, transparente e com excepcionais propriedades eletrônicas.

Nesse sentido, tem aplicação na indústria de nanomateriais, como uma alternativa potencial ao silício e ao diamante em utilidades tais quais, condutores transparentes, eletrodos flexíveis e transparentes para células de energia solar ou de cristal líquido, transistores de efeito de campo, sensores de pressão e ressonadores. Assim, há grande tendência do mercado em utilizar o grafeno como substituto do silício na indústria microeletrônica. Além disso, há a possibilidade de construir protótipos de transistores feitos de pontos quânticos de grafeno, apontando para o desenvolvimento de uma eletrônica de base inteiramente molecular.

Na área de membranas filtrantes, o óxido de grafeno tem a capacidade de filtrar a água de solventes orgânicos e, até mesmo, separar a água de uma mistura de gases. Referente à área de compósitos e revestimentos, combinado junto a tinta, o grafeno pode atuar como impermeabilizante e antioxidante, sendo aplicável, por exemplo, na lataria de um carro ou em um casco de um navio.

Considerando suas singulares características, seus múltiplos usos e a dificuldade de sintetizar o material, 150g de grafeno valem, aproximadamente, US\$ 15 mil (março de 2022). Em comparativa, 1kg de grafite natural (quantidade necessária para produção de 150g de grafeno) custa, em média, US\$ 1,00. A tendência para o mercado futuro é que o material valorize ainda mais, tornando-se ainda mais caro.

Situação no Brasil:

Em âmbito mundial, diversos países têm demonstrado interesse pelo tema do grafeno, inclusive o Brasil. O Estado brasileiro fez um investimento recente, em 2016, no Centro de Pesquisa MackGraphe, localizado na Universidade Presbiteriana Mackenzie, em São Paulo. Além deste, há ainda alguns outros grupos de pesquisa, nas Universidades UFMG, UFRJ, UNICAMP, USP e, mais recentemente, UCS e nas instituições CNEN e INMETRO.

Entretanto, comparando com os investimentos de outros países na área, o brasileiro ainda é pouco expressivo, fato que deve ser revisto, tendo em vista que o país conta com cerca de 45% das reservas de grafite natural do mundo. Isto é, em escala mundial, o Brasil possui a segunda maior reserva do mineral e é o terceiro maior fornecedor, com produção de 27% do total global.

De acordo com documento de 2010 do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), atual Agência Nacional de Mineração (ANM), a grafita natural está presente na grande maioria dos estados brasileiros, porém as reservas economicamente exploráveis estão localizadas especialmente nos estados de Minas Gerais, Ceará e Bahia. Em Minas Gerais, as principais reservas lavráveis totalizam mais de 50 milhões de toneladas, sendo que a principal delas e com melhor ocorrência está no município de Pedra Azul. Dessa forma, infere-se que, com matéria-prima abundante e realizando mais investimentos necessários na área (uma vez que há altos custos em reagentes orgânicos complexos e em equipamentos modernos para sintetização), o Brasil tem capacidade de participar totalmente na cadeia produtiva do grafeno.

Sobre a UCS:

No Parque de Ciência, Tecnologia e Inovação da Universidade de Caxias do Sul (TecnoUCS), está presente a UCS Graphene, que é a primeira

e maior planta de produção de grafeno em escala industrial da América Latina instalada por uma universidade. Ela está em operação desde março de 2020 e realiza pesquisa avançada em nanomateriais, produzindo grafeno para a prestação de serviços tecnológicos a diferentes setores. Segundo o website, o empreendimento tem capacidade instalada de produção de 500 kg/ano, com ampliação para 5 mil kg/ano, estando apto a abastecer os mercados nacional e internacional. O coordenador responsável pelo projeto é o professor Diego Piazza. Em julho de 2021, foi realizada a 1ª Feira Brasileira do Grafeno, na própria UCS. A UCS Graphene é uma Unidade EMPRAPII credenciada para atuar na área automotiva, focando em: materiais avançados, compósitos e nanocompósitos de alto desempenho.

Atualizações na mídia:

"Todos os nossos armamentos daqui para frente deverão usar grafeno", diz CEO da Taurus

14/02/2022:

<https://gauchazh.clicrbs.com.br/pioneiro/colunistas/babiana-mugnol/noticia/2022/02/todos-os-nossos-armamentos-daqui-para-frente-deverao-usar-grafeno-diz-ceo-da-aurus-ckzmyee7h004y015p4el8wkv.html>

A multinacional brasileira Taurus pretende inaugurar uma nova era na fabricação de suas armas. Desde o ano passado, prepara o lançamento da primeira pistola do mundo com componentes de grafeno. Mas além deste produto, que deve ser lançado até o final deste trimestre, a empresa gaúcha passará a incluir o material, considerado um dos mais leves e resistentes do mundo, em outros produtos fabricados, como revólveres. O CEO global da Taurus, Salesio Nuhs, destacou que o lançamento da pistola GX4 com grafeno será o início de uma série de novidades fruto do trabalho conjunto do Centro Integrado de Tecnologias e Engenharia Brasil-Estados Unidos (Cite), em São Leopoldo, com a UCS Graphene, planta de produção industrial de grafeno da Universidade de Caxias do Sul (UCS). — Todos os

nossos armamentos daqui para frente deverão usar grafeno pelo menos no tratamento superficial — disse o CEO da companhia.

Isso significa que os acabamentos proporcionarão maior resistência à corrosão, maior dissipação de calor, maior leveza, entre outras propriedades desta matéria-prima considerada uma das mais promissoras do mundo. — Todas as peças em polímero serão injetadas também com incorporação de grafeno. Então ela vai ter grafeno no punho, backstrap, gatilho, trava de gatilho, tampa do ferrolho, retém do ferrolho e, inclusive, na maleta de transporte da arma. Para isso, a Taurus conta com diversos fornecedores. Na Serra, além da UCS Graphene, pelo menos três empresas participam do projeto. O CEO da Taurus citou a NTC Moldes e Plásticose e a Matripolo Moldes e Injetados que estão injetando, não só as peças com grafeno, mas também a maleta. A Znano, também com sede em Caxias do Sul, fornece o composto aditivo do grafeno que viabiliza a injeção. A aposta no grafeno é tratada por Nuhs como um diferencial competitivo. — Tem valor agregado e desenvolve novas tecnologias no país. E o Brasil está em vantagem por ter a maior reserva de grafeno do mundo. É uma vantagem competitiva não só para a Taurus — justifica o CEO. Além dos investimentos em tecnologia, a Taurus está com planos de expansão física e atraindo os principais fornecedores para atuar no Rio Grande do Sul. No final do ano passado, adquiriu um terreno ao lado de sua fábrica de São Leopoldo com 100 mil metros quadrados a mais, justamente com a intenção de ampliar o parque fabril nos próximos anos. Em dezembro, já foram inaugurados 12 mil metros quadrados de ampliação que resultou na atração de seis fornecedores. A intenção para os próximos meses é transferir mais três sistemistas para a região.

Taurus lança pistola com grafeno ainda neste primeiro trimestre

01/01/2022:

<https://gauchazh.clicrbs.com.br/pioneiro/colunistas/babiana-mugnol/noticia/2022/02/taurus-lanca-pistola-com-grafeno-ainda-neste-primeiro-trimestre-ckz41t82q000t0188y19crec6.html>

Após conquistar, recentemente, a certificação para comercializar a primeira pistola do mundo com componentes de grafeno, a Taurus se prepara para colocar, ainda neste primeiro trimestre, o modelo no mercado. Partes da arma que será lançada agora são fabricadas em Caxias do Sul em parceria com empresas locais e com a UCSGraphene, planta de produção de grafeno da Universidade de Caxias do Sul (UCS). A parceria com a UCSGraphene começou ainda no desenvolvimento do produto. O acordo de parceria com a Taurus foi oficializado na metade do ano passado. Durante a visita de Jair Bolsonaro para conhecer os projetos de grafeno de Caxias, um protótipo da pistola chegou a ser apresentado ao presidente. Além da UCS, a Znano, também de Caxias, fornece o *masterbatch*, o composto de um ou mais aditivos, que viabiliza a produção. Não se trata apenas de uma arma mais leve no mercado, a utilização desta matéria-prima na concepção da pistola microcompacta agrega outras funcionalidades. A redução do peso da arma também potencializa propriedades mecânicas, como maior dissipação de calor e resistência ao impacto.

Fontes:

ALENCAR, Eduardo; SANTANA, Delano. **Processos de obtenção do grafeno, suas aplicações e sua importância para o Brasil**. Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz. Revista Acadêmica Oswaldo Cruz, 16ª Edição, 2017.

BRASIL ganha o primeiro centro de pesquisas em Grafeno da América Latina. **Mackenzie**, 2016. Disponível em: <
<https://www.mackenzie.br/noticias/artigo/n/a/i/brasil-ganha-o-primeiro-centro-de-pesquisas-em-grafeno-da-america-latina>>. Acesso em: 17 set. 2021.

DUARTE, Maria Alzira. **Grafita Natural**. DNPM, 2010. Disponível em: <
https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=5475#:~:text=H%C3%A1%20ocorr%C3%Aancia%20de%20grafita%20natural,totalizam%2050.258.000%20de%20toneladas.> Acesso em: 17 set. 2021.

JESUS, Karla Acemano de; FREIRE Estevão; GUIMARÃES, Maria José O. C. **Grafeno: Aplicações e Tendências Tecnológicas**. Departamento de Processos Orgânicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

POTENCIAL da grafita no Brasil abre caminho para produção expressiva de grafeno. **Governo Federal**, 2021. Disponível em: <
<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/potencial-da-grafita-no-brasil-abre-caminho-para-producao-expressiva-de-grafeno>>. Acesso em: 17 set. 2021.