

PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO EDITAL 04/2022
(PIC/PIBIC/IBITI/PIBIC-AF)

Manufatura de Músculos Artificiais de Grafeno

SUMÁRIO

- I. Resumo
- II. Introdução
- III. Descrição dos objetivos e metas
- IV. Metodologia
- V. Cronograma
- VI. Bibliografia

I. RESUMO

Este projeto consiste na utilização de grafeno, um material com propriedades marcantes, para a manufatura de músculos artificiais, mecanismos que se contraem e expandem a partir de uma força externa. Trata-se da continuação de um projeto PDPD do mesmo autor, que tratou-se da síntese de grafeno e o desenvolvimento de filamentos de grafeno para impressão 3D, que inclusive será utilizado na aplicação final deste IC. Tal PDPD atraiu a atenção de acadêmicos da área de “Soft Robotics” (robótica de materiais moles) da Harvard University em Boston e da Leibniz University Hannover, na Alemanha. Após verem as possibilidades da aplicação do grafeno em músculos artificiais, ambas instituições deram 2 workshops que auxiliaram a idealizar o caminho descrito neste documento.

II. INTRODUÇÃO

O grafeno é um material derivado do grafite que tem propriedades térmicas, condutivas e mecânicas totalmente marcantes¹. É a primeira molécula 2D descoberta pela humanidade, contando com uma estrutura carbônica e design hexagonal.

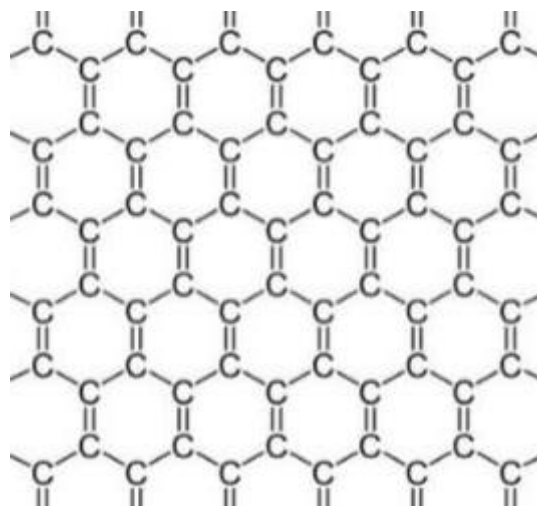


Fig.1 - Estrutura molecular do grafeno

O grafeno é, essencialmente, uma única camada de grafite, isolada. Assim como visto na figura acima, cada átomo de carbono na estrutura do grafeno forma 3 ligações covalentes², e estas são o motivo do material ser tão resistente e estável: o grafeno é 200 vezes mais forte que o aço³, tendo uma força de tração de 130 bilhão Pascal⁴. Ademais, o grafeno tem níveis altíssimos de mobilidade de elétrons (100 vezes maior que a do silício⁵) e de superfície de contato, propriedades que são muito importantes para o ramo da eletrônica. Cada hexágono na estrutura contém 2 elétrons pi, acarretando uma alta condução elétrica, superando até o cobre nesse aspecto⁶. Devido aos buracos na estrutura molecular, fônons (a unidade básica de energia mecânica vibracional) podem se transportar livremente, resultando em uma condução térmica deveras elevada³.

Os métodos para sintetizar grafeno geralmente são caros e não escaláveis. Entretanto, há um caminho para obter grafeno que soluciona ambos problemas: sintetizar óxido de grafeno (GO, graphene oxide) a partir do grafite e então o reduzir a grafeno. Em 1859, Benjamin Collins Brodie relatou pela primeira vez ter produzido GO (conhecido como ácido gráfitico na época), a partir da oxidação do grafite: os grupos funcionais oxigenados entram no meio das camadas do grafite puro, separando-as. Muitos anos após isso, um método atualizado para tal síntese foi descoberto por William S. Hummers. Este novo procedimento, chamado de “Método de Hummers”⁷, será o meio utilizado neste estudo, e será abordado no capítulo “Metodologia”⁸.



Fig.2 - Estrutura molecular do óxido de grafeno (GO)

O produto de tal reação, o GO (figura acima) tem propriedades distintas do grafeno regular: é mais solúvel, tornando-o melhor para usar em compósitos. Devido a presença abundante de ligações C-C sp^3 , o GO perde suas capacidades condutivas, contudo, ele pode ser facilmente reduzido, utilizando o reagente hidrazina para obter o grafeno comum⁸ (com 80% de suas ligações sp^2 restauradas).

Este projeto visa utilizar este “supermaterial” para a manufatura de músculos artificiais, também chamados de “atuadores”. Estes são mecanismos que se contraem ou expandem de acordo com uma força externa, como uma corrente elétrica ou um sistema pneumático⁹. Os atuadores tem o potencial de revolucionar o ramo da robótica, ao possibilitar que robôs façam movimentos mais fluídos e orgânicos do que fazem atualmente com materiais menos flexíveis, reduzindo também o número de acidentes em locais de trabalho automatizados⁹, visto que este é um enorme problema: pesquisas apontam que locais de trabalho automatizados apresentam uma chance de ferimento 54% maior para seus trabalhadores do que fábricas sem automação¹⁰. Atuadores de fibra de grafeno seriam muito mais resistentes e flexíveis, possibilitando robôs e próteses com movimentos mais naturais. O meio da ativação do músculo artificial será o “jamming”, um mecanismo do campo da robótica de materiais moles que consiste no aumento da força normal em um material, reduzindo a fricção no mesmo e o enrijecendo. Isto se dá majoritariamente por meios pneumáticos¹¹.

Visto que este projeto é a continuação natural do projeto PDPD do mesmo autor, torna-se necessário abordá-lo. Em tal projeto anterior, foi sintetizado grafeno com o intuito da obtenção de um filamento de grafeno para a impressão 3D, através da técnica de “solvent mixing”, utilizada por cientistas de materiais na formação de compósitos¹². Neste estudo em mãos, pretende-se utilizar o grafeno e seu filamento sintetizado para a produção do atuador.

III. DESCRIÇÃO DOS OBJETIVOS E METAS

O objetivo final do projeto é a fabricação de um atuador de grafeno, estudando formas alternativas de fazê-lo, sendo elas:

- Utilização do filamento para a impressão 3D de fibras maleáveis para constituir o atuador;
- Utilização de grafeno em pó para constituir o atuador;
- Utilização de GO em pó para constituir o atuador;
- Utilização de fibras de grafeno para constituir o atuador;
- Utilização de fibras de GO para constituir o atuador;
- Caracterização de todos os atuadores;

IV. METODOLOGIA

A síntese do grafeno é feita a partir do método de Hummers⁸:

- Grafite é adicionado a uma solução 40% de H_2SO_4 ;
- $KMnO_4$ é adicionado, reagindo com o ácido sulfúrico e formando Mn_2O_7 (heptóxido de dimanganês), um forte oxidante;
- Devido a intercalação do grafite com H_2SO_4 , a mistura tem acesso ao espaço entre suas camadas, reagindo com o grafeno e adicionando grupos funcionais como a hidroxila e os ácidos carboxílicos, formando GO;
- Após 1h, adiciona-se água deionizada e H_2O_2 . A água reage com o Mn_2O_7 e forma $HMnO_4$, parando a reação de oxidação. O H_2O_2 então reage com os óxidos de manganês presentes, os reduzindo a íons de manganês, facilitando o processo de purificação adiante;
- Através de sonicação, o GO é exfoliado, garantindo um produto de maior qualidade;
- Por fim, após centrifugar repetidas vezes, os íons de manganês são removidos e o produto final é obtido.

No que tange a integração do grafeno (ou seu derivado GO) no processo de fabricação dos atuadores, basta colocá-lo em um filme selado, conectando-o a uma fonte de vácuo¹¹. Os materiais que servirão de filme serão o polipropileno e o polietileno de alta densidade (ambos serão testados). O cerne do projeto será testar o grafeno em suas diferentes formas (descrito na seção “Descrição de Objetivos e Metas”) na aplicação final. Para a caracterização dos atuadores, serão feitos testes de tração e resistência, como por exemplo utilizando o dinamômetro.

V. CRONOGRAMA

Setembro e Outubro - Fabricação do atuador de GO em pó

Novembro - Caracterização do atuador de GO em pó

Dezembro - Fabricação do atuador de grafeno regular em pó

Janeiro - Caracterização do atuador de grafeno regular em pó

Fevereiro e Março - Síntese das fibras de grafeno

Abril - Impressão 3D das fibras do filamento de grafeno

Maio - Fabricação dos atuadores de fibras de grafeno e fibras de filamento de grafeno

Junho e Julho - Caracterização dos atuadores de fibras de grafeno e fibras de filamento de grafeno

Agosto - Apresentação do projeto final

VII. BIBLIOGRAFIA

- 1 - MERTENS, Ron. Graphene: structure and shape. Graphene Info, 2018.
- 2 - LI, Lihua et al. Structure of graphene and its disorders: a review. Science and Technology of Advanced Materials, volume 18. 2018.
- 3 - XAVIOR, Anthony M. Processing and characterization techniques of graphene reinforced metal matrix composites (GRMMC); a review. Materials Today, 2017.
- 4 - DE LA FUENTE, Jesus. Properties of Graphene. Graphenea Publications, 2013.
- 5 - GOSLING, JH. Universal mobility of graphene originating from charge scattering by ionised impurities. Nature Communications, 2021.
- 6 - RIZZI, Leo et al. Can graphene-based conductors compete with copper in electrical conductivity?. Research Gate, 2021.
- 7 - HUMMERS, William S et al. Preparation of graphitic oxide. J. Am. Chem. Soc. 1958.
- 8 - MARCANO, D.C. Improved synthesis of graphene oxide. ACS Nano, 2010.
- 9 - BIRCH, Haley. 50 Chemistry Ideas You Really Need To Know. Páginas 194-197. Quercus Publishing, 2015.
- 10 - ANWAY, Nicholas. Amazon's Approach to Robotics. OnLabor, 2022.
- 11 - FITZGERALD, Seth G. et al. A Review of Jamming Actuation in Soft Robotics. Actuators 2020, vol.9, Issue 4.
- 12 - GUO, Haichang et al. Recent advances on 3D printing graphene-based composites. Nano Materials Science, volume 1, pages 101-115.