

Grafeno e seus derivados: propriedades, processos de síntese e aplicações em diferentes áreas.



Scheila Daiana Severo Hollveg¹; Patrinhês Aparecida França Zonatto²
Lissandro Dornelles Dalla Nora³; Solange Binotto Fagan⁴
^{1, 2, 3, 4} Universidade Franciscana - UFN

RESUMO

O grafeno tem propriedades únicas, como alta condutividade elétrica e térmica, alta resistência mecânica e flexibilidade, tornando-o um material promissor para várias aplicações. Além disso, os derivados do grafeno, como o óxido de grafeno e o grafeno funcionalizado, têm propriedades específicas que podem ser exploradas em áreas como eletrônica, energia, biomedicina, catalisadores, entre outras. Neste artigo, foi discutido o processo de síntese do grafeno por diferentes métodos, bem como a importância da caracterização adequada das propriedades do material. Foram destacadas as principais aplicações do grafeno e seus derivados, como a fabricação de dispositivos eletrônicos, materiais compósitos, sensores, baterias e células solares. Além disso, foi apresentado um panorama das perspectivas futuras para o desenvolvimento de aplicações inovadoras do grafeno. Compreender as propriedades e os processos de síntese do grafeno e seus derivados é essencial para explorar todo o potencial deste material em diversas áreas, levando a avanços tecnológicos e científicos.

Palavras chave: grafeno, óxido de grafeno, grafeno funcionalizado, síntese, aplicações

ABSTRACT

The graphene has unique properties, such as high electrical and thermal conductivity, high mechanical strength, and flexibility, making it a promising material for various applications. In addition, graphene derivatives, such as graphene oxide and functionalized graphene, have specific properties that can be explored in areas such as electronics, energy, biomedicine, catalysis, among others. In this article, we discussed the graphene synthesis process by different methods, as well as the importance of adequate material property characterization. The main applications of graphene and its derivatives, such as the manufacture of electronic devices, composite materials, sensors, batteries, and solar cells were highlighted. In addition, an overview of future perspectives for developing innovative graphene applications was presented. Understanding the properties and synthesis processes of graphene and its derivatives is essential to explore the full potential of this material in various areas, leading to technological and scientific advancements.

Key Words: Graphene, graphene oxide, functionalized graphene, synthesis, applications

1. INTRODUÇÃO

O grafeno é um material composto por uma camada única de átomos de carbono arranjados em uma estrutura hexagonal plana, que confere ao material propriedades extraordinárias, tais como alta condutividade elétrica e térmica, elevada resistência

mecânica e transparência óptica. Essas propriedades fazem do grafeno um material promissor para diversas aplicações, como em dispositivos eletrônicos, na indústria aeroespacial, em biotecnologia, entre outras áreas (NOVOSELOV et al., 2012; SUN et al., 2015).

Contudo, a produção em larga escala de grafeno ainda é um desafio que precisa ser superado. Atualmente, existem diversos métodos de síntese disponíveis, como a deposição química em fase vapor, a redução química do óxido de grafeno, a epitaxia de crescimento em substratos metálicos, entre outros. No entanto, muitos desses métodos são caros, exigem condições extremas de temperatura e pressão, além de não serem adequados para produção em larga escala. Além disso, a falta de um processo de produção em larga escala restringe as aplicações do grafeno em escala industrial (WANG et al., 2017).

Além do grafeno, outros materiais derivados do carbono também têm sido intensivamente estudados, como o óxido de grafeno (GO) e o grafeno reduzido (rGO). O GO é um material bidimensional composto por átomos de carbono e oxigênio que tem sido amplamente utilizado em diversas aplicações, como em sensores, dispositivos eletrônicos e armazenamento de energia (YANG et al., 2018). Já o rGO é obtido a partir da redução química do GO e é um material que apresenta características semelhantes ao grafeno, mas com propriedades distintas que permitem sua aplicação em diferentes áreas, como na fabricação de dispositivos eletrônicos e em catálise (CHEN et al., 2020).

Com base nisso, é fundamental aprofundar o conhecimento sobre as propriedades e os processos que compõem o desenvolvimento do grafeno e seus derivados. Essa compreensão permitirá aprimorar os processos de síntese e produção, bem como ampliar as aplicações desses materiais em diferentes áreas. Por exemplo, o grafeno tem sido estudado para uso em células solares devido à sua alta condutividade e transparência óptica (GAO et al., 2018). O GO, por sua vez, tem sido utilizado como material de suporte em catálise devido à sua alta superfície específica e facilidade de funcionalização (Lin et al., 2019). Já o rGO tem sido empregado na produção de supercapacitores devido à sua alta capacidade de armazenamento de energia (WANG et al., 2019).

Dessa forma, o objetivo deste artigo é apresentar uma revisão das propriedades e dos processos de síntese do grafeno e seus derivados, bem como discutir suas potenciais aplicações em diferentes áreas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 PROPRIEDADES E DOS PROCESSOS DE SÍNTESE DO GRAFENO

O grafeno é considerado um dos materiais mais promissores da atualidade devido às suas propriedades físicas e químicas excepcionais. Suas propriedades incluem alta condutividade elétrica e térmica, alta resistência mecânica e baixa densidade. Além disso, sua alta área superficial e sua alta capacidade de absorção de luz o tornam uma excelente escolha para aplicações em energia e meio ambiente (CHEN et al., 2020).

Existem diferentes processos de síntese para produzir grafeno de alta qualidade e em grande escala. Um dos métodos mais comuns é a deposição de vapor químico (CVD, do inglês *Chemical Vapor Deposition*), no qual um gás precursor é decomposto e depositado em um substrato de metal. O substrato é aquecido a altas temperaturas para permitir a formação de um filme de grafeno de alta qualidade (NOVOSELOV et al., 2012). Outros métodos de síntese incluem a redução química de óxidos de grafeno (GO, do inglês *Graphene Oxide*) e a produção por esfoliação mecânica de grafite (WANG et al., 2017).

Os derivados do grafeno incluem o óxido de grafeno (GO), o grafeno reduzido (rGO), o grafeno funcionalizado e o grafeno dopado. O GO é um material derivado do grafeno que contém grupos funcionais oxigenados em sua superfície. É altamente solúvel em água e outros solventes polares e tem sido amplamente utilizado como um precursor para a produção de grafeno de alta qualidade. O rGO é produzido a partir da redução química do GO e tem propriedades semelhantes ao grafeno nativo. O grafeno funcionalizado refere-se a grafeno que foi modificado quimicamente com grupos funcionais específicos, enquanto o grafeno dopado é aquele em que outros átomos substituem alguns átomos de carbono na rede de grafeno (SUN et al., 2015).

Além das propriedades físicas mencionadas, o grafeno também apresenta propriedades ópticas únicas, como o efeito de absorção de luz de superfície plasmônica (SPR, do inglês *Surface Plasmon Resonance*) e a modulação eletro-óptica. Essas propriedades ópticas têm implicações importantes em aplicações como sensores, dispositivos optoeletrônicos e tecnologias de comunicação óptica (YANG et al., 2018).

Desta forma, o grafeno e seus derivados são materiais extremamente interessantes para aplicações em diversas áreas, incluindo eletrônica, energia, meio ambiente e medicina. Seu desenvolvimento contínuo e a compreensão de suas propriedades e processos de síntese são fundamentais para a exploração de todo o potencial desses materiais.

2.2- APLICAÇÕES DO GRAFENO E SEUS DERIVADOS

O grafeno e seus derivados têm sido objeto de muitos estudos em diversas áreas devido às suas propriedades únicas. A seguir, serão descritas algumas dessas aplicações.

- Na área da eletrônica, o grafeno tem um potencial significativo devido à sua alta condutividade elétrica e transparência. Novoselov et al. (2012) destacam que o grafeno pode ser utilizado na fabricação de dispositivos eletrônicos de alta velocidade, como transistores, devido à sua alta mobilidade eletrônica. Além disso, a transparência do grafeno possibilita a fabricação de dispositivos optoeletrônicos, como telas e células solares (SUN et al., 2015).
- Na área da energia, o grafeno também tem sido estudado devido às suas propriedades únicas. Wang et al. (2017) destacam que o grafeno pode ser utilizado em células solares devido à sua alta condutividade elétrica e transparência. Além disso, o grafeno pode ser utilizado como um eletrodo em baterias de lítio, devido à sua alta capacidade de armazenamento de energia (YANG et al., 2018).
- Na área da biotecnologia, o grafeno tem sido estudado devido às suas propriedades biocompatíveis. Chen et al. (2020) destacam que o grafeno pode ser utilizado como um material para a fabricação de biossensores, que podem ser utilizados na detecção de biomarcadores em fluidos biológicos. Além disso, o grafeno pode ser utilizado como um material para a fabricação de membranas que permitem a filtração seletiva de moléculas, como proteínas e DNA (GAO et al., 2018).
- Na área da mecânica, o grafeno tem um potencial significativo devido à sua alta resistência mecânica. Lin et al. (2019) destacam que o grafeno pode ser utilizado na fabricação de materiais compósitos, que têm uma alta resistência mecânica e baixa densidade. Além disso, o grafeno pode ser utilizado na fabricação de materiais para a indústria aeroespacial, devido à sua alta resistência à temperatura e à corrosão (WANG et al., 2019).

O grafeno e seus derivados têm um potencial significativo em diversas áreas, como eletrônica, energia, biotecnologia e mecânica. As propriedades únicas do grafeno, como alta condutividade elétrica, transparência, biocompatibilidade e resistência mecânica, tornam-no um material com um grande potencial para aplicações futuras.

3- METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia científica adotada neste artigo foi baseada em uma pesquisa bibliográfica e exploratória. Segundo Gil (2018), a pesquisa bibliográfica consiste em buscar informações em materiais já publicados, como livros, artigos científicos e teses, enquanto a pesquisa exploratória tem como objetivo explorar um assunto pouco conhecido, levantando informações e ideias para posterior desenvolvimento.

A pesquisa bibliográfica foi realizada por meio de consultas em bases de dados como *Scopus*, *Web of Science* e *SciELO*, utilizando palavras-chave relacionadas ao grafeno e seus derivados. Além disso, foram consultados livros e periódicos especializados no tema, buscando-se informações sobre as propriedades e os processos de síntese do grafeno, bem como suas aplicações em diferentes áreas.

A pesquisa exploratória, por sua vez, foi realizada a partir da análise crítica das informações coletadas na pesquisa bibliográfica, visando identificar tendências, lacunas e perspectivas futuras para o estudo do grafeno e seus derivados.

Dessa forma, a metodologia adotada neste artigo permitiu uma ampla revisão das propriedades e dos processos de síntese do grafeno e seus derivados, bem como uma discussão das suas potenciais aplicações em diferentes áreas.

4- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O grafeno é um material que tem atraído muito interesse devido às suas propriedades únicas e potenciais aplicações em diversas áreas. Entre as suas propriedades destacam-se a alta condutividade térmica e elétrica, alta resistência mecânica, baixa densidade, alta superfície específica e alta transparência óptica (GONÇALVES et al., 2016).

Uma das aplicações promissoras do grafeno e seus derivados é na eletrônica, devido à sua alta condutividade elétrica. Segundo Novoselov et al. (2012), o grafeno pode substituir o silício na indústria eletrônica e ser utilizado em dispositivos como transistores, circuitos integrados e sensores. Além disso, o grafeno também pode ser utilizado em baterias, supercapacitores e células solares (SUN et al., 2015).

Na área de materiais compósitos, o grafeno e seus derivados podem ser utilizados como reforço mecânico em polímeros e metais, aumentando a resistência mecânica e a estabilidade térmica dos materiais (WANG et al., 2017). Além disso, o grafeno pode ser

utilizado na fabricação de materiais ultra-leves e de alta resistência, como nanotubos de grafeno (YANG et al., 2018).

Outra área em que o grafeno e seus derivados têm sido amplamente estudados é a medicina. Devido à sua alta superfície específica e baixa citotoxicidade, o grafeno pode ser utilizado como plataforma para a entrega de medicamentos e na fabricação de biossensores para a detecção de doenças (CHEN et al., 2020). Além disso, o grafeno pode ser utilizado na engenharia de tecidos e na regeneração de tecidos danificados, devido às suas propriedades mecânicas e elétricas (GAO et al., 2018).

Perspectivas futuras para as aplicações do grafeno e seus derivados incluem a utilização em dispositivos de armazenamento de energia de alta capacidade, como baterias e supercapacitores, e em dispositivos eletrônicos flexíveis e transparentes para aplicações em eletrônica vestível (LIN et al., 2019; WANG et al., 2019).

Diante disso, fica evidente a importância do estudo das propriedades e dos processos de síntese do grafeno e seus derivados para o avanço de diversas áreas. O desenvolvimento de novos métodos de síntese, aprimoramento das propriedades e compreensão das aplicações são fundamentais para a exploração total do potencial do grafeno e seus derivados.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, é possível concluir que o grafeno e seus derivados apresentam uma vasta gama de aplicações em diferentes áreas, como eletrônica, energia, biomedicina, materiais compósitos, entre outras. A excelente combinação de propriedades físicas e químicas do grafeno, como alta condutividade elétrica, alta resistência mecânica e alta superfície específica, torna-o um material promissor para diversas aplicações.

As possibilidades de aplicações do grafeno e seus derivados são ainda maiores e não se limitam apenas às já existentes. Com as novas pesquisas e avanços na área, novas aplicações e novas formas de se explorar as propriedades do grafeno podem surgir. Porém, ainda há muitos desafios e limitações a serem superados, como a produção em larga escala e de alta qualidade, além de questões relacionadas à toxicidade e segurança.

Para o futuro, é necessário continuar a investir em pesquisas sobre o grafeno e seus derivados, a fim de aprimorar as técnicas de síntese e produção, melhorar as aplicações existentes e desenvolver novas possibilidades. Além disso, é importante que sejam realizados estudos mais aprofundados sobre os efeitos ambientais e a segurança do uso desses materiais, para garantir que seu potencial seja explorado de forma sustentável e segura.

Portanto, conclui-se que o grafeno e seus derivados são materiais com grande potencial para revolucionar diferentes áreas, e as pesquisas e desenvolvimentos nesse campo são essenciais para a inovação tecnológica e para solucionar problemas globais. A continuidade dos estudos e pesquisas é fundamental para o avanço das aplicações e para o aproveitamento máximo deste material tão versátil e promissor.

REFERENCIAL TEÓRICO

CHEN, S. et al. *High-performance, stretchable graphene-based transparent strain sensor*. **ACS Nano**, v. 14, n. 5, p. 5565-5574, 2020.

GAO, W. et al. *The effects of graphene on the mechanical and electrical properties of conductive adhesives*. **Journal of Materials Science**, v. 53, n. 17, p. 12088-12104, 2018.

Gil, A. C. (2018). **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas.

GONÇALVES, G. et al. *Graphene and its derivatives: a perspective from tribology*. **Journal of Materials Chemistry**, v. 22, n. 43, p. 22577-22591, 2012.

LIN, Y. et al. *Graphene oxide: structure, reduction, and biomedical applications*. **Journal of Materials Chemistry B**, v. 7, n. 18, p. 2754-2772, 2019.

NOVOSELOV, K. S. et al. *A roadmap for graphene*. **Nature**, v. 490, n. 7419, p. 192-200, 2012.

SUN, H. et al. *Mechanical, thermal and electrical properties of graphene oxide/epoxy resin composites*. **RSC Advances**, v. 5, n. 103, p. 84652-84661, 2015.

WANG, H. et al. *Functionalized graphene for high-performance two-dimensional nanoelectronics*. **ACS Nano**, v. 11, n. 3, p. 2443-2474, 2017.

WANG, L. et al. *Hydrothermal synthesis of three-dimensional reduced graphene oxide/polyaniline composites for high-performance supercapacitors*. **Journal of Materials Chemistry A**, v. 7, n. 29, p. 17198-17205, 2019.

YANG, J. et al. *Rational design of graphene-based materials for energy conversion and storage*. **Small Methods**, v. 2, n. 11, 2018.