INTERFACE TECNOLÓGICA

GRAFENO: processos de produção e suas aplicações

GRAPHEN: production processes and their applications

José Carlos Nascimento – carlosnasc_83@hotmail.com
Ramílio Ramalho Reis Filho – ramilio.ramalho@hotmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) - Taquaritinga - São Paulo - Brasil

DOI: 10.31510/infa.v17i1.786

RESUMO

O presente artigo se ocupa em traçar um panorama relacionado ao assunto de estudo, a fim de que se conduza à uma melhor compreensão dos benefícios e vantagens em torno do material estudado. Não é novidade que as tecnologias vieram para revolucionar a indústria, e o grafeno não é diferente, com o crescimento das nanotecnologias, esse material se tornou uma das maiores descobertas, a primeira substância bidimensional e com capacidades mecânicas, térmicas e elétricas únicas, esse elemento químico, passou a ser um material revolucionário, que pode transformar a tecnologia atual. Este trabalho propõe-se estudar, através de pesquisas bibliográficas, o elemento químico alótropo grafeno, a fim de que se compreenda sua estrutura molecular, as propriedades, processos de fabricação e aplicações desse material.

Palavras-chave: Políticas Públicas. Nanotecnologias. Grafeno. Material Revolucionário

ABSTRACT

This article is concerned with tracing a picture related to the subject of study, which can lead to a better understanding of the benefits and advantages around the studied material. It is not new that technologies have come to revolutionize the industry, and graphene is no different, with the growth of nanotechnologies, this material becomes one of the greatest discoveries, the first two-dimensional substance and with unique mechanical, thermal and mechanical mechanisms, this chemical element , became a revolutionary material that can transform current technology. This paper examines through literature searches, or chemical element graphene allotrope, an end comprising a molecular structure as properties, manufacturing processes and applications of this material.

Keywords: Public policy. Nanotechnologies. Graphene Revolutionary Material

1 INTRODUÇÃO

É fato que as pesquisas e o potencial das nanotecnologias, atualmente tem contém grande significado e impacto mundial, o que torna possível a obtenção de uma variedade de

visões de um futuro brilhante, uma vez que a escala do nanômetro tem transformado a tecnologia e possibilitado novas descobertas, como exemplo, o grafeno. (MARION; HASSAN, 2016)

Este artigo, delimita-se ao estudo sobre o grafeno, um material considerado revolucionário por ser de baixa densidade, alta resistência e muito flexível, tornando-o um ótimo condutor de eletricidade quase que translúcido.

> O termo grafeno originou-se no ano de 1987, entretanto sua definição oficial surgiu em 1994 ainda que a extração desse material não tenha sido realizada. Então, no ano de 2004, dois professores e pesquisadores da universidade de Manchester, conseguiram extrair o grafeno a partir do grafite através da esfoliação mecânica, uma das técnicas utilizadas para a extração desse material. (ALENCAR; SANTANA, 2016)

Ainda que, o grafeno tenha sido apresentado como um assunto revolucionário, é possível compreender que a definição e consequentemente a primeira extração desse material, é completamente novo. (ALENCAR; SANTANA, 2016). Por esse motivo o tema de estudo tem relevância por se tratar de um estudo sobre o grafeno, demonstrando suas aplicações e como as empresas podem obter vantagens através da sua aplicação.

1.1Objetivos

O objetivo do artigo se detém ao estudo dos processos de produção e as aplicações do grafeno, ou seja como utilizar esse material, realizando também estudos sobre a importância do grafeno para o Brasil, uma vez que o país se detém de uma das maiores reservas desse material do mundo.

1.2Justificativa

Por ser um material e se deter de uma definição considerada recente, estudar o grafeno e suas propriedades se faz necessário, visto que as características deste material são vistas como ainda mais inovadoras que o silício e o plástico, por esse motivo, o grafeno tem sido um dos materiais mais estudados atualmente.

Nesta etapa será utilizadas técnicas de pesquisas, tal como bibliográficas e descritivas, a fim de realizar um estudo aprofundado sobre o tema, buscando fortalecer as hipóteses e teorias em torno desse material, seu processo de produção e suas aplicações

2 O GRAFENO E SUAS PROPRIEDADES

Segundo Lacerda (2015) o grafeno surgiu através do interesse de pesquisadores em comprovar a existência de uma substância bidimensional, um material que fosse ainda mais revolucionário que o plástico e que poderia substituir o silício na fabricação de componentes eletrônicos.

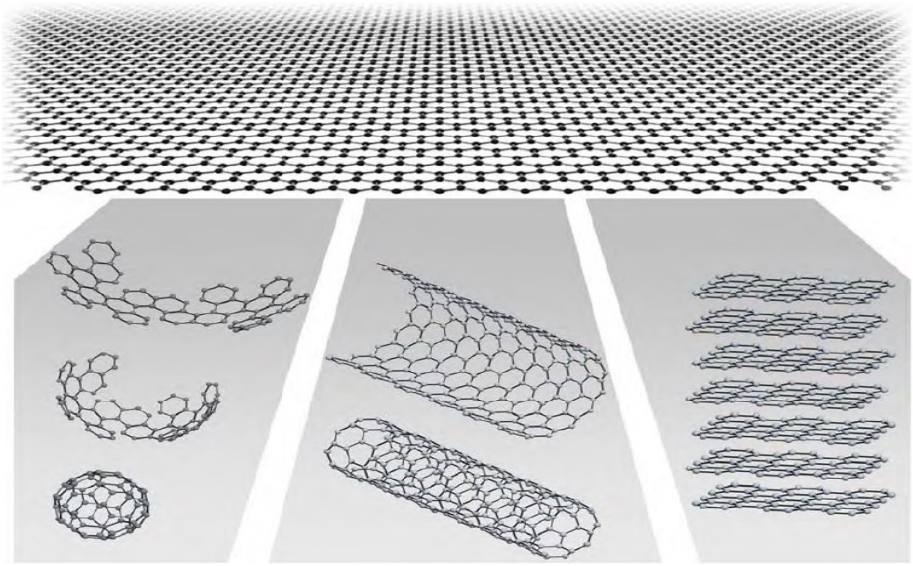
Vieira e Vilar (2017) falam que o conceito grafeno, surgiu da junção da palavra grafite com o sufixo "eno", pois o grafeno consiste em uma monocamada nivelada de átomos de carbono, organizados em células hexagonais com átomos híbridos na forma de sp^2, que resultou em um elétron livre por átomo de carbono no orbital *p*.

Esse material possui uma estrutura única, que permite que o grafeno seja um excelente condutor de eletricidade e tenha uma alta condutividade térmica, além de possuir diversas qualidades como, boa resistência mecânica e flexibilidade. (VIEIRA; VILAR, 2017)

Segundo Soldano et al. (2010), o grafeno é um material perfeito, translúcido e sua superfície interage com outras moléculas através de absorção física.

A figura 1 demonstra a estrutura do grafeno, e por ser considerado um elemento químico alotrópico, que se origina do carbono a partir de sua estrutura. Os nanotubos e fulerenos de carbono podem ser visualizados como sendo uma folha de grafeno enrolada e o grafite como sendo folhas de grafenos empilhadas.

FIGURA 1 – Estrutura do Grafeno



FONTE: Ars Physica (2011)

Oliveira, Ferreira e Gentil (2016) afirmam que o grafeno possui 3 propriedades, sendo elas mecânicas, eletrônicas e térmicas

> As propriedades mecânicas do grafeno mostram que esse material, é bem mais eficaz que o aço, uma vez que no módulo de Young e nos parâmetros ligados a resistência máxima o grafeno demonstra ter maior eficácia. As propriedades elétricas do grafeno são caracterizadas como condutores (metálicos). A condutividade térmica do grafeno está em 5000 w/(m.K) enquanto a da prata é de 429 W/(m.K), isso indica que são bons condutores de calor e condutores térmicos. (OLIVEIRA; FERREIRA; GENTIL, 2016.

Para que se possa compreender as várias funções grafeno, a partir de sua manipulação, no tópico seguinte será explanado resumidamente sobre os processos de produção deste material.

2.1 Processo de produção do grafeno

Vieira e Villar (2017) apontam que várias técnicas passaram a ser estudadas e utilizada na extração desse material, visto que a qualidade do produto que será produzido, bem como o material será aplicado, pode-se utilizar um ou mais métodos. Dentre os processos de produção do grafeno, os autores apontam:

- **Esfoliação mecânica:** primeira técnica utilizada para conseguir extrair o grafeno, considerada simples, porém possibilita conseguir uma maior qualidade da estrutura e propriedades eletrônicas do material.
- **Colagem anódica:** conhecida por ser uma técnica simples, barata e rápida, diferentemente da esfoliação mecânica, esse método possibilita trabalhar com uma amostra ainda maior de grafeno, sendo assim em grande escala.
- **Crescimento epitaxial sobre SiC:** esse método produz em larga escala, entretanto possui um custo elevado, utiliza-se de uma alta temperatura, o material não fica uniforme e possui um baixo rendimento.
- **Crescimento epitaxial CVD:** produção em larga escala, bom rendimento e boa qualidade, entretanto possui um alto custo e processo complicado.

- **Redução química:** técnica que possui um alto rendimento e baixo custo, porém trás defeitos na estruturais e perturbações da estrutura eletrônica do grafeno.
- **Esfoliação em fase líquida:** técnica direta simples, possibilita produção em larga escala e com baixo custo, porém é um processo demorado e impuro.
- **Desenrolar nanotubos de carbono:** É um método complicado, porém que possibilita a produção em larga escala, com alta qualidade (quando produzido através do ataque por plasma).

2.2 Formas de aplicação do grafeno

Rocha (2015), afirma que o grafeno pode ser utilizado em várias aplicações, por ser um material com propriedades elétricas únicas, sendo que o mesmo possibilita a geração e o armazenamento de energia.

Segundo Oliveira, Ferreira e Gentil (2016) as aplicações do grafeno nas diversas áreas, tem se expandido ano após ano, onde novas tecnologias de manufaturas são desenvolvidas e as antigas são aprimoradas, com a finalidade de reduzir os custos de produção.

Apesar dos autores Novoselov et. al (2012) acreditar que, a maioria das pesquisas desenvolvidas estão em torno da geração de energia, o autor afirma que o grafeno é um forte candidato para substituir os materiais ou componentes utilizados para super capacitores.

Segundo Rocha (2015), o grafeno possui várias possibilidades na área da eletrônica, uma vez que esse material têm a capacidade de substituir o silício na fabricação de dispositivos eletrônicos, sendo o silício um material predominante na fabricação destes dispositivos.

Esta é apenas uma das aplicações do grafeno, alguns pesquisadores ainda afirmam que esse material quando utilizado em dispositivos, o mesmo possibilita uma transmissão e um armazenamento muito rápido de dados e informações, ou seja muitas aplicações ainda estão sendo descobertas, e algumas dessas podem nos trazer cada vez mais perto de um evolução tecnológica.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho é composto por pesquisas bibliográficas e descritivas, a fim de que se comprove a importância do assunto estudado.

Para Marconi e Lakatos (1999) a pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo. Isso inclui publicações em revistas, livros, pesquisas, monografias e teses. No caso deste trabalho, foram utilizados artigos científicos, livros e publicações em *websites*.

Segundo Gil (2006) as pesquisas descritivas têm como objetivo principal a descrição das características de determinado assunto, geralmente embasadas através de uma coleta de dados.

Então essas duas pesquisas, possibilitaram a melhor compreensão do tema de estudo, bem como o fortalecimento de opiniões pessoais sobre o grafeno e suas aplicações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

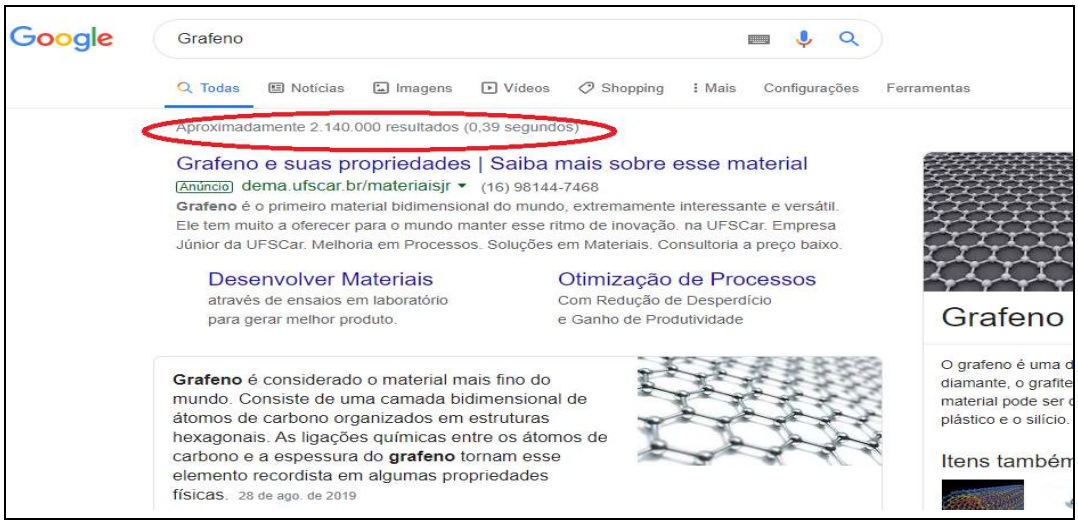
4.1 O grafeno no mundo

Ao colocar a palavra Grafeno, na barra de pesquisas de uma das maiores plataformas de pesquisa e conteúdo, o *Google*, conseguimos obter um número de 2.140.000 (dois milhões e cento e quarenta mil) resultados a cerca desse assunto, o que possibilita constatar através disso é que, esse tema de estudo têm ganhado visibilidade ano após ano e o aumento de pesquisas é algo crescente.

Na ilustração 2 é possível visualizar o resultado de uma pesquisa simples sobre o tema e o número aproximado de resultados gerados.

INTERFACE TECNOLÓGICA

Ilustração 2 – Resultados de Pesquisas sobre o Grafeno



Fonte: Elaboração Própria (2019)

Steel Carbon (2019) uma das maiores empresas fornecedoras de grafite, afirma que o grafeno se trata de uma revolução global, uma vez que, desde sua primeira extração no ano de 2004, movimentou milhares de estudantes e pesquisadores na universidade de Manchester para aprenderem a manipular esse novo material.

Segundo a empresa de mídia digital INFRAROI (2019), no ano de 2019 os chineses pavimentaram uma ponte de aproximadamente 1km de cumprimento e 35 metros de largura, utilizando o primeiro asfalto com aditivo de grafeno, a empresa Dynapac responsável pela pavimentação e a Universidade de Guangix na China, afirmam que o objetivo da adição do material na mistura, visa aumentar a durabilidade das pistas, tendo em vista que o grafeno torna o asfalto mais resistente as temperaturas altas ou baixas.

Ilustração 3 - Chineses aplicam primeiro asfalto com aditivo de grafeno no mundo



Fonte: Dynapac Fayat Group (2019)

Ao pesquisar sobre universidades, grupos de pesquisas e cientistas que estão estudando e utilizando o grafeno em diversas áreas, é possível compreender as possibilidades que o grafeno trará futuramente, esse material pode ser utilizado para absolutamente tudo o que conhecemos em termos de tecnologia. Carvalho (2014) afirma que o grafeno pode ser considerado um material, tão revolucionário quanto o plástico ou o silício, de forma que esta tecnologia irá revolucionar a indústria atual.

4.2 Grafeno no Brasil

Segundo Helerbrock (2019) o Brasil se detém de uma das maiores reservas de grafeno do mundo, o país atualmente se encontra na corrida tecnológica para descobrir métodos eficientes e mais baratos para a produção desse material.

Segundo DINO (2019) desde 2016 a CODEMGE (Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais) em parceria com a UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) e o CDTN (Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear), investem em um projeto chamado MGgrafeno, os objetivos são desenvolver tecnologias de produção de grafeno de alta qualidade e baixo custo, a fim de que esses métodos possam ser reproduzidos gradativamente.

Em pesquisas, o site Dollar Hoje (2019) aponta que a grama ouro está valendo US$56,15 dólares, ou seja cerca de R$310,52 reais por grama. Já o grafeno a redatora Milena da GGN (2018), afirma que a grama do grafeno passa a valer US$150,00 dólares, cerca de R$628,37 reais. Então pode se observar que o grafeno chega a valer quase três vezes mais do que o ouro, o que trás grandes expectativas para o Brasil.

Segundo DINO (2019), o Brasil já tem uma planta piloto funcionando na fabricação de grafeno, inicialmente o projeto em 2016 consistia em produzir 30 kg/ano, e no ano de 2019 esse projeto ultrapassou as previsões, podendo chegar a cerca de 110kg/ano, o projeto tende a crescer e se expandir até em três anos. Uma vez que as reservas naturais de grafita chegam a 131,4 milhões de toneladas, e o Brasil é responsável por 59,5 milhões de toneladas.

A partir dessas informações, a tabela 1 a seguir apresenta as conversões de peso para o valor em reais que cada peso corresponde.

Tabela 1 – Tabela de conversões

Grafeno Peso	Quantidade	Valor R$
Grama	1	R$ 628,37
Quilo	1	R$ 628.370,00
Tonelada	1	R$ 628.370.000,00

Fonte: Elaboração própria (2019)

Na tabela 2 a seguir, encontrasse as estimativas de qual valor aproximadamente o Brasil pode conseguir em 1 ano de fabricação.

Tabela 2 – Estimativas para um ano de produção de grafeno

Grafeno (Kg/ano)	Valor Bruto (R$/ano)
110	R$ 69.120.700,00

Fonte: Elaboração própria (2019)

A partir dessas análises, pode-se perceber que o Brasil se detém de uma das maiores riquezas naturais do mundo, o que nos leva a compreender que o grafeno pode revolucionar o país caso os estudos e pesquisas avancem cada vez mais.

5 CONCLUSÃO

O objetivo inicial deste artigo, surgiu da necessidade de explorar as riquezas naturais do Brasil, bem como entender como a produção de grafeno pode ser algo rentável e lucrativo para o país, atingir esses objetivos foi possível através das pesquisas bibliográficas realizadas em artigos científicos e publicações online.

O estudo realizado em torno do tema, permitiu uma familiarização com as propriedades, processos de fabricação e as aplicações do grafeno nas diversas áreas, bem como, compreender a importância desse elemento químico alótropo para a evolução da indústria tecnológica, pois o mesmo, pode substituir materiais como silício na fabricação de dispositivos eletrônicos, além de que esse material pode ser utilizado em uma infinidade de lugares.

Conclui-se então, que apesar das limitações que surgiram durante a construção teórica desse artigo, bem como, poucas informações sobre o tema e fontes não confiáveis, o assunto estudado têm grande relevância nacionalmente e internacionalmente, pois países do mundo todo têm movido esforços para que o processo de produção de grafeno, se torne uma produção em massa, com um custo menor e de alta qualidade, porém para que isso se torne algo real, se faz necessário um investimento direcionado aos grupos de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, E; SANTANA, D. **PROCESSOS DE OBTENÇÃO DO GRAFENO, SUAS APLICAÇÕES E SUA IMPORTÂNCIA PARA O BRASIL**. Artigo Científico (Pós Graduação) - Centro de Graduação Oswaldo Cruz, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Edicao_16_ALENCAR_Eduardo.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2019.

ARS PHYSICA. **Estrutura do Grafeno**. 2011. Ilustração 1. Disponível em: <https://arsphysica.wordpress.com/2011/08/02/materiais-em-poucas-dimensoes/>. Acesso em: 27 nov. 2019.

CARVALHO, C. **Grafeno**: conheça o material que vai revolucionar a tecnologia do futuro. [*S. l.*], 2014. Disponível em: <https://canaltech.com.br/produtos/grafeno-conheca-o-material-que-vai-revolucionar-a-tecnologia-do-futuro-25436/>. Acesso em: 27 nov. 2019.

DINO. **Planta piloto de Grafeno em Minas Gerais impulsiona desenvolvimento industrial em nanotecnologia**. EXAME, 2019. Disponível em:

<https://exame.abril.com.br/negocios/dino/planta-piloto-de-grafeno-em-minas-gerais-impulsiona-desenvolvimento-industrial-em-nanotecnologia/>. Acesso em: 28 nov. 2019.

DÓLAR HOJE. **Valor do ouro hoje**. [*S. l.*], 2019. Disponível em: <https://dolarhoje.com/ouro-hoje/>. Acesso em: 28 nov. 2019.

DYNAPAC FAYAT GROUP. **Dynapac é pioneira na primeira aplicação comercial de asfalto modificado com grafeno no mundo**. 2019. Ilustração 3. Disponível em: < http://dynapac.blog/pavimentacao/dynapac-e-pioneira-na-primeira-aplicacao-comercial-de-asfalto-modificado-com-grafeno-no-mundo/?lang=pb>. Acesso em: 23 mai. 2020.

GIL, A. C.; **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

HELERBROCK, R. **Grafeno**. [*S. l.*], 2019. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/grafeno.htm>. Acesso em: 26 nov. 2019.

INFRAROI. **Chineses aplicam primeiro asfalto com aditivo de grafeno no mundo**. [*S. l.*], 2019. Disponível em: <http://infraroi.com.br/chineses-aplicam-primeiro-asfalto-com-aditivo-de-grafeno-no-mundo/>. Acesso em: 27 nov. 2019.

LACERDA, L. M. **GRAFENO O MATERIAL DO FUTURO**. 2015. ed. Academia Educação, 2015. Disponível em: <https://www.academia.edu/18716555/ARTIGO_GRAFENO_O_MATERIAL_DO_FUTURO>. Acesso em: 25 nov. 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa:** planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MARION, B; HASAN, N. **GRAFENO**: INOVAÇÕES, APLICAÇÕES E SUA COMERCIALIZAÇÃO. 2016. 12 p. Artigo Científico (Graduação) - Interface Científica, Aracaju, 2016. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/index.php/exatas/article/viewFile/2778/16171>. Acesso em: 27 nov. 2019.

MILENA, L. **Projeto Grafeno agrega valor à indústria da mineração**. [*S. l.*], 2018. Disponível em: <https://jornalggn.com.br/industria/brasilianas-projeto-grafeno-agrega-valor-a-industria-da-mineracao/>. Acesso em: 28 nov. 2019.

NOVOSELOV, K. et al. **Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films**. Science Magazine, v. 306, p. 666-669, 2004.

OLIVEIRA, A; OLIVEIRA, A. M. C; GENTIL, R. **GEOLOGIA ECONÔMICA GRAFENO**. 2016. 14 p. Artigo Científico (Graduação) - UNIPAMPA, Caçapava, 2016. Disponível em: <https://www.academia.edu/29527265/Geologia_Economica_Grafeno_geo.> Acesso em: 20 nov. 2019.

ROCHA, J. P. M. **GRAFENO COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL**: um estudo prospectivo. Orientador: Doriana Daroit. 2015. 68 p. Monografia (Bacharel em Administração) - Universidade de Brasilia, Brasília, 2015. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/16089/1/2015_JoaoPedroMagalhaesDaRocha_tcc.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019

SOLDANO, C; MAHMOOD, A; DUJARDIN, E. **Production, properties and potential of graphene**. Toulouse: Elsevier, 2010. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/222648619_Production_Properties_and_Potential_of_Graphene> . Acesso em: 06 set. 2019.

STEEL CARBON. **Conheça o grafeno, material que pretende revolucionar o mundo**. [*S. l.*], 2019. Disponível em: <https://www.steelcarbon.com.br/grafeno/>. Acesso em: 27 nov. 2019.

VIEIRA, J. E. D; VILLAR, E. O. **Grafeno**: Uma revisão sobre propriedades, mecanismos de produção e potenciais aplicações em sistemas energéticos. 2015. Artigo Científico (Pós Graduação) - Universidade Federal de Campina Grande, 2017. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/download/493/387>. Acesso em: 20 nov. 2019.