

## PRODUÇÃO DO GRAFENO A PARTIR DA GRAFITA NATURAL

R. M. RAMOS<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande – UFCG<sup>1</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8468-2496><sup>1</sup>[rayff.ufcg@gmail.com](mailto:rayff.ufcg@gmail.com)<sup>1</sup>

Submetido em 04/08/2019 e aceito em 17/06/2021

DOI: 10.15628/holos.2021.8861

## RESUMO

Várias pesquisas têm sido elaboradas a respeito da produção de grafeno por meio da utilização de grafita natural, tornando esse mineral de grande interesse, principalmente, para as empresas de mineração, por conta das novas aplicações tecnológicas que o grafeno possibilita. Para isso, faz-se necessário muito investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em todas as etapas referentes à produção da matéria prima do grafeno. A mineração é o setor chave,

pois é a partir da qualidade dos processos envolvidos na extração e beneficiamento da grafita natural, que se infere na qualidade do grafeno produzido. Além disso, os estudos que demonstrem uma correlação entre essas etapas e a qualidade do grafeno, são poucos. Neste sentido, esse trabalho teve como objetivo, explorar, a partir de revisão bibliográfica, as várias etapas relativas à produção do grafeno, desde a extração da grafita natural até a sua confecção em laboratório.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mineração, grafita natural, grafeno.

## PRODUCTION OF GRAPHENE FROM NATURAL GRAPHITE

## ABSTRACT

Several researches have been made regarding the production of graphene through the use of natural graphite, making this mineral of great interest, mainly, to the mining companies, due to the new technological applications that the graphene makes possible. For this, it is necessary to invest a lot in Research, Development and Innovation (PD & I) in all stages related to the production of graphene raw material. Mining is the key sector because it is based on the quality of the processes

involved in the extraction and processing of natural graphite, which is inferred from the quality of the graphene produced. In addition, studies that demonstrate a correlation between these steps and the quality of graphene, are few. In this sense, this work aimed to explore, from a bibliographic review, the various stages related to the production of graphene, from the extraction of natural graphite to its preparation in the laboratory.

**KEYWORDS:** Mining, natural graphite, graphene.

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento social demanda de vários bens de consumo, sejam eles duráveis ou não duráveis, e que necessitam de um olhar mais apurado na questão de seu reaproveitamento, ou substituição, quando seus tempos de vida útil acabam. Um dos setores industriais, responsável por suprir algumas das matérias primas de boa parte desses bens duráveis e não duráveis, é o setor mineral. Essas matérias primas, por sua vez, possuem certas especificações que vão estar relacionadas ao uso do bem. A grafita natural, que é um mineral composto essencialmente de carbono, trata-se de um exemplo de matéria prima que vem sendo bastante estudada pelos pesquisadores da indústria nanotecnológica, por conta das várias propriedades, dentre outras, que suas microestruturas cristalinas possuem.

Essas microestruturas, do arranjo cristalino da grafita, na verdade são os reflexos da repetição de combinações dos carbonos em geometria hexagonal plana. A essa disposição geométrica hexagonal plana de carbonos, dá-se o nome de grafeno. A qualidade das propriedades do grafeno é o que garante sua utilização na substituição de bens de consumo. De acordo com Segundo e Vilar (2016), dentre algumas propriedades, destacam-se, por exemplo, a condutividade elétrica e a mobilidade eletrônica elevadas, superando em mais de 100 vezes a do silício.

Para entender a qualidade das propriedades do grafeno, faz-se necessário entender os processos envolvidos na extração da grafita natural. É nesse contexto, que esse trabalho objetiva-se em trazer mais um aporte teórico, na relação das etapas de extração da grafita natural e os reflexos no seu subproduto que é o grafeno.

## 2 ASPECTOS ENVOLVIDOS NA PESQUISA MINERAL

A grafita natural é uma das três formas alotrópicas naturais do carbono. Tais formas podem ser distinguidas a partir de ensaios químicos e físicos, sendo representadas por carbono vegetal, grafita e diamante. No que diz respeito a grafita natural, a densidade do seu cristal (forma hexagonal plana – grafeno) varia entre 2,1 e 2,3 com dureza de Mohs entre 1 e 2,9. Normalmente encontra-se associada a uma parcela de impurezas que vão desde cinzas até porcentagens de 2% em gases, betumes e água (Sampaio e Dutra, 2008).

Para entender os motivos de algumas propriedades específicas da grafita natural, é necessário entender a mineralogia que, segundo Sampaio e Dutra (2008), a estrutura cristalina da grafita é disposta em camadas, segundo planos hexagonais, nas quais os cátions  $C^{4+}$  ocupam metade do sistema hexagonal e os ânions  $C^{4-}$  ocupam a outra metade, sendo esses planos mantidos por forças de Van der Waals e distando de  $1,42 \times 10^{-10}$  m uns dos outros. A partir disso, podem-se citar propriedades específicas como:

- I – Densidade mais baixa (comparada à do diamante);
- II – Facilidade em partir-se em camadas finas;

### III – Anisotropia óptica acentuada.

Naturalmente a grafita pode ser encontrada na forma de flocos, em veio cristalino e amorfa. Pode ainda subdividir-se em vários graus, baseando-se nos tipos de impurezas associadas, tamanho da partícula e teor de carbono. Na Figura 1 há alguns exemplos dessas formas.



Figura 1: Amostras de grafita em flocos (A), em veio cristalino (B) e amorfa (C) (Sampaio e Dutra, 2008).

#### 2.1 Grafita em Flocos

Possui morfologia de flocos e seus ambientes geológicos naturais incluem o contato ou metamorfismo regional em depósitos de argilas ou calcário com material orgânico. Os flocos podem ocorrer em forma de lentes ou homogêneos em todo o corpo mineralizado (possuindo concentração de carbono em torno de 5 a 40%). Em termos de números, a espessura de uma lente pode ser de 35 mm, ou mais, com flocos de 1 a mais de 2,5 mm de diâmetro. As densidades e durezas são variáveis, entre, e dentro dos jazimentos. As impurezas associadas são minerais como feldspato, mica, anfibólio, granada, calcita, ferro e quartzo (Sampaio e Dutra, 2008).

#### 2.2 Grafita em Veio Cristalino

Remetendo-se a Sampaio e Dutra (2008), também conhecida como “lump” ou “grafita altamente cristalina”, essa é a forma natural do carbono, podendo ser encontrada em: acumulações em pacotes, ao longo dos contatos intrusivos entre pegmatitos e calcário; e em veios cristalinos bem definidos. Ainda nesses tipos de depósitos, ocorrem grafita maciça e com grãos que variam de tamanho desde o lump aos microcristais (como a grafita em flocos). Exibe morfologia acicular orientada perpendicularmente à rocha encaixante. As impurezas geralmente encontradas são quartzo, feldspato, pirita, piroxênio, apatita e calcita.

#### 2.3 Grafita Amorfa

Nesse caso, para a grafita, dá-se a designação “amorfa” para uma estrutura verdadeiramente microcristalina. Para Sampaio e Dutra (2008) esse tipo de grafita apresenta-se com coloração preta terrosa e macia ao tato. Os depósitos que indicam a presença da grafita amorfa estão relacionados com o metamorfismo de contato e locais resultantes da dinâmica regional de metamorfismo. Os teores de carbono podem variar entre 75 e 90% com tamanhos entre 75 mm e 5µm. O tipo de impureza e sua natureza estão relacionados às “rochas mãe” dos jazimentos.

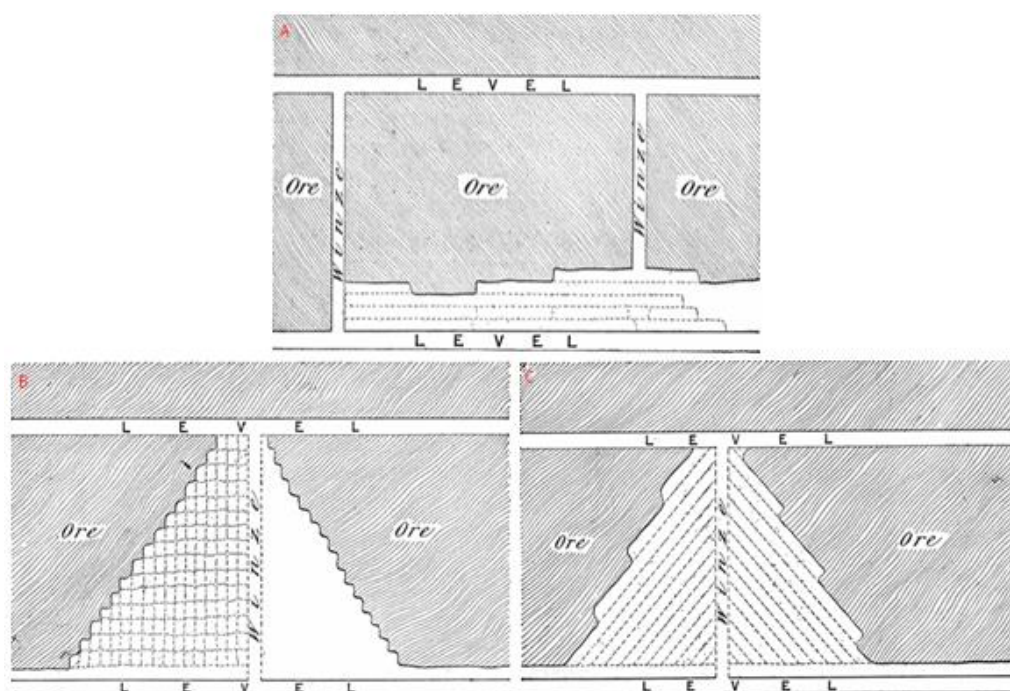
### 3 LAVRA E BENEFICIAMENTO

A grafita natural, dependendo da sua forma, pode ser lavrada por métodos a céu aberto, subterrâneos ou híbridos (mesclagem de metodologia a céu aberto com subterrânea). Já o seu beneficiamento tem por objetivo alcançar teores de carbono que variam de 5 a 15%, separando de impurezas como: minerais sulfetados, alumina, caulinita, granada, biotita, pirrotita, óxidos de ferro, silimanita e silicatos. A granulometria de liberação da grafita, juntamente com suas impurezas, imprime a rota de beneficiamento e as etapas de purificação dos concentrados (Sampaio e Dutra, 2008).

#### 3.1 Lavra da Grafita

De acordo com Sampaio e Dutra (2008) no caso da grafita em flocos são empregados os três métodos citados anteriormente. No desmonte do material são utilizados explosivos em rochas sãs, para método subterrâneo; e para o método a céu aberto, empregado em rochas intemperizadas, são utilizadas pequenas quantidades explosivas; auxiliadas por equipamentos convencionais como escavadeiras, carregadeiras, tratores, caminhões dentre outros.

Para a lavra da grafita em veio cristalino, é utilizada a metodologia a céu aberto, em alguns casos, e subterrânea com abatimento de bancos escalonados e enchimento, ou overhand stoping and filing (conforme a Figura 2 em que na imagem (A) ocorre a variante por seções longitudinais horizontais de forma ascendente, partindo da base do corpo mineralizado; a imagem (B) representa um escalonamento, em forma cônica, de blocos mineralizados que partem da galeria subjacente ao corpo; e a imagem (C) é outra forma de aplicação de escalonamento que utiliza seções transversais), usando suporte para as paredes, quando necessário. Sampaio e Dutra (2008) afirmam ainda que os concentrados do tipo lump possuem teores de carbono com pureza de 90 a 99%, a partir da catação manual (em alguns casos), com granulometria variando de 10 cm a 3  $\mu$ m.



**Figura 2:** As três imagens representam variações de aplicação do método Overhand Stope que podem usar o enchimento (filing) como forma de suporte à rocha encaixante. Legenda: Ore = Minério; Level = Nível; Winze = Galeria (Modificado de Hoover, 2008).

A grafita amorfa também é lavrada por método subterrâneo, no entanto, os leitos são mais espessos que os de lump amorfos e cristalinos. Utilizam-se métodos convencionais para o transporte do material, após desmonte por explosivos (Sampaio e Dutra, 2008).

### 3.2 Beneficiamento da Grafita

De modo geral, o beneficiamento da grafita natural inicia-se com as operações de britagem, seguidas de moagem, sendo o produto gerado destinado às etapas de concentração e purificação (este último, em alguns casos). Segundo Sampaio e Dutra (2008) os métodos de concentração gravítica, separação eletrostática e magnética, são utilizados como etapas auxiliares ao beneficiamento. No Brasil, a empresa Nacional Grafite Ltda (NGL) utiliza, como método auxiliar, a “Intercalação”, na qual permite o rompimento das ligações interplanares da grafita, a partir do emprego de sais expansivos, expandindo-a e possibilitando a formação de sua submatéria prima, o grafeno.

Ainda na concentração, a flotação é o principal processo utilizado em todo o mundo; assim como o carvão e a molibdenita, a grafita é um mineral que possui flotabilidade natural, o que favorece o emprego da flotação na separação de suas impurezas. Geralmente os coletores utilizados nesse processo são óleos não polares como querosene e óleo combustível. Aplica-se ainda óleo de pinho ou álcool, como espumantes, e silicato de sódio como depressor da ganga sílica.

Tomando por base Sampaio e Dutra (2008), os padrões de pureza (teor de carbono) da grafita natural, exigidos pelo mercado, estão na ordem de mais de 99%, logo, as empresas

normalmente utilizam-se de métodos de purificação após a flotação. À esses métodos, podem-se citar, como exemplos:

I – Lixiviação com ácido hidrófluorídrico, para remoção de impurezas silicatadas, e com ácido hidrocloreto, para remoção de carbonatos, em concentrados;

II – Ustulação com NaOH, para auxiliar a remoção de impurezas, provenientes de minerais sulfetados, a partir da lixiviação.

#### 4 INFORMAÇÕES ECONÔMICAS

No ano de 2014, a produção mundial de grafita natural atingiu patamares de ordem de 1,17 milhões de toneladas. Segundo Heider (2017) a China foi a grande protagonista, produzindo o equivalente a 66,6% dessa produção, seguindo-se: a Índia com uma participação de 14,5%; o Brasil com 7,4%; a Coreia do Norte e Canadá, que somados, responderam por 5,2%, conforme a Tabela 1.

No Brasil, as empresas Nacional de Grafite Ltda (localizada em Minas Gerais, com plantas nos municípios de Itapeçerica, Pedra Azul e Salto da Divisa) e a Extrativa Metalquímica (no estado da Bahia), refletiram produções de 84 e 16% de toda a produção da grafita natural nacional (Heider, 2017).

Discriminação Países	Reserva (10 <sup>3</sup> t)	Produção (10 <sup>3</sup> t)		
	2014 <sup>(p)</sup>	2013 <sup>(r)</sup>	2014 <sup>(p)</sup>	(%)
Brasil	70.135	91 <sup>(2)</sup>	87 <sup>(2)</sup>	7,4
China	55.000	750	780	66,6
Índia	11.000	170	170	14,5
Coreia do Norte	nd	30	30	2,6
Canadá	nd	20	30	2,6
Rússia	nd	14	14	1,2
Madagascar	940	4	5	0,4
México	3.100	7	8	0,7
Ucrânia	nd	6	6	0,5
Turquia	nd	5	30	2,6
Outros países	nd	16	10	0,9
<b>Total</b>	<b>140.175</b>	<b>1.022</b>	<b>1.183</b>	<b>100</b>

Tabela 1: Reservas lavráveis e produção mundial da grafita natural em 2014. Os índices (r) e (p) representam, respectivamente, a produção recuperável e a produção preliminar (Duarte, 2016).

##### 4.1 Preços

O preço da grafita natural está relacionado, entre outros fatores, às suas propriedades, tais como: densidade baixa, inércia química, boa condutividade, quantidade e tipo de impurezas e teor de cinzas. Devido à variação de teor, conforme a variação de depósito, a grafita microcristalina e carbono também variam. Segundo Lobato (2009) a demanda mundial, em torno de 1000 toneladas ao ano, de grafita de alta qualidade, está relacionada com aplicações em células a combustíveis e baterias.

Como a China é a grande exportadora mundial, impõe sobretaxas às suas exportações de grafita natural. Essas sobretaxas são impulsionadas, dentre outros aspectos, pelo aumento dos fretes marítimos e situação dos portos chineses. O preço de seu produto é discriminado,



principalmente, com base na granulometria e porcentagem de carbono, desde 2007, conforme Tabela 2.

**Tabela 2: Distribuição do tipo da grafita exportada pela China, como medida para sanar encargos extras à expedição do material, a partir da granulometria e teor de carbono (Modificado de Lobato, 2009).**

Descrição da Grafita	Granulometria	Teor de carbono	Preço (US\$/t)
Amorfa em pó	-	80-85	400,00
Cristalina fina	- 100 mesh	90	550,00
Cristalina média	+ (100 - 80) mesh	85-87	650,00 - 750,00
Cristalina fina	- 100 mesh	94-97	700,00 - 1.050,00
Cristalina média	+ (100 - 80) mesh	94-97	950,00 - 1.200,00
Floco cristalino médio	-	90	650,00 - 750,00
Floco cristalino grande	-	90	1.000,00 - 1.250,00
Floco cristalino grande	+ 80 mesh	94-97	1.050,00 - 1.300,00
Sintética	-	99,95	0,0062 – 0,0190

## 5 SUBPRODUTO DA GRAFITA: O GRAFENO

Ultimamente a pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) de novas ligas metálicas e materiais, tem seguido o caminho da nanotecnologia, a qual vem revolucionando o mundo científico e tecnológico nos últimos 20 anos. O grafeno é um exemplo de nanotecnologia recente. De acordo com Jesus et al. (2012), o grafeno é um alótropo do carbono que foi recentemente isolado e é considerado como o bloco de construção básico para as nanoestruturas do carbono, excluindo-se o diamante. Trata-se ainda de uma folha de átomos de carbono, organizados em forma de hexágonos, que pode ser manipulada de diferentes formas para transformações alótropas (formas diferentes com o mesmo elemento constituinte – o carbono, nesse caso), como observado na imagem A da Figura 3.

O termo “grafeno” foi utilizado, pela primeira vez em 1987, mas a International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) forneceu a definição oficial em 1994. Nessa época já havia estudos sobre o material, mas em 2004 os pesquisadores esfoliaram pequenos fragmentos de grafite e com análises mais aprofundadas de caracterização foi possível perceber que se tratava de uma estrutura de uma única camada de átomos de carbono. Com relação às dimensões da estrutura do grafeno, Jesus et al. (2012) destaca que ela é composta por átomos de carbono com distribuição eletrônica  $sp^2$ , ligados e dispostos em retículo bidimensional. Possui rede cristalina de dois subretículos interceptados, em forma triangular, com distância de  $3,35\text{Å}$  e comprimento de ligação entre átomos de carbono em  $1,42\text{Å}$  (conforme imagem B da Figura 3).

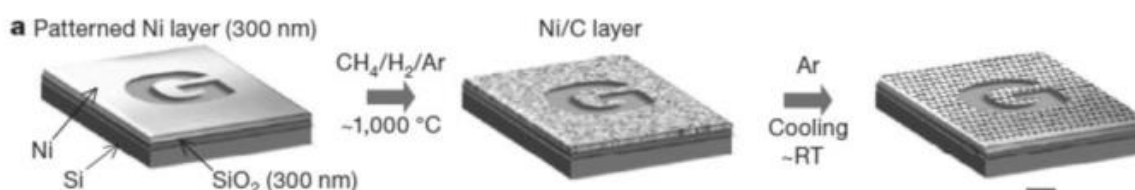


Figura 3: Na imagem A, a representação do bloco elementar da família dos alótropos do carbono (grafeno) pode ser vista a direita (em azul), os fulerenos à esquerda (em verde) e nanotubos na parte central (em rosa). E na imagem B, observa-se a representação de estrutura reticular de grafeno (Jesus et al., 2012).

### 5.1 Principais Métodos de Produção

Atualmente o grafeno tem sido produzido por três metodologias usuais, que são a microesfoliação mecânica, microesfoliação química e a deposição química a vapor (DQV). Cada uma dessas metodologias possui vantagens e desvantagens, relacionadas à usabilidade, qualidade e escalonamento produtivo. Com relação à metodologia de deposição química a vapor (DQV), o grafeno é obtido diretamente de substratos sólidos como superfícies metálicas de níquel, como demonstrado na Figura 4 abaixo.

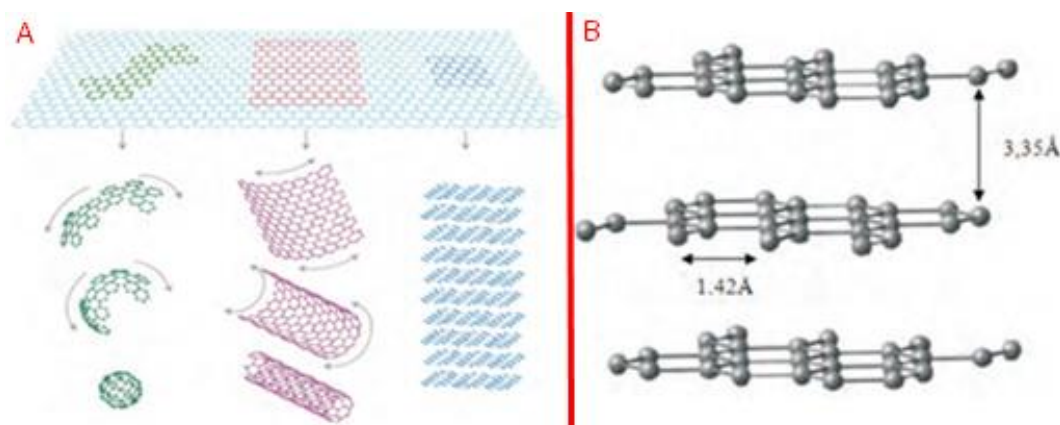


Figura 4: Processo de síntese de grafeno modelado em larga escala. (a) síntese de filmes de grafeno estampados em camadas finas de níquel. Legenda: Patterned = Modelada; Layer = Camada; Cooling = Resfriamento (Segundo e Vilar, 2016).

### 5.2 Propriedades

Devido à organização em células hexagonais, com átomos hibridizados na forma  $sp^2$ , originando um elétron livre a cada átomo de carbono no orbital p, o grafeno torna-se um material possível de várias aplicações (Figura 5) devido às seguintes propriedades superiores: boa resistência mecânica, flexibilidade inerente, enorme área superficial, altas condutividades elétricas e térmicas e boa transparência.



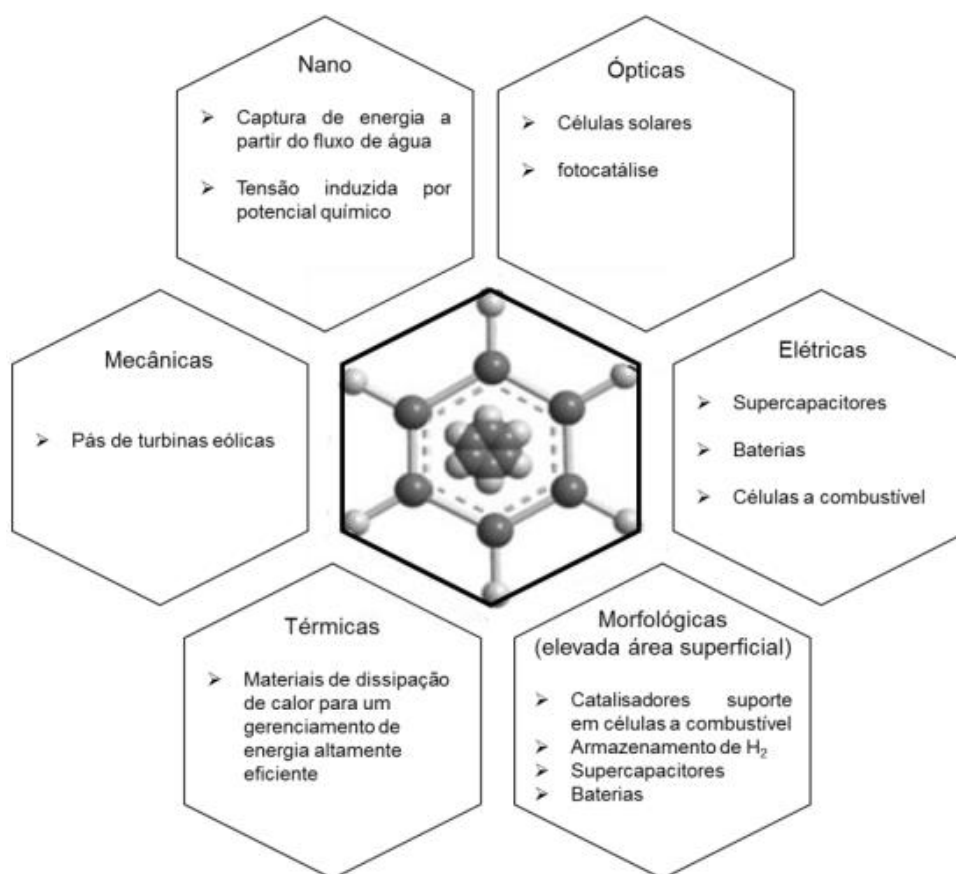


Figura 5: Relação entre propriedades do grafeno e suas aplicações em soluções de energia (Segundo e Vilar, 2016).

A condutividade elétrica alcança até 20.000 S/cm e a mobilidade eletrônica é 100 vezes superior a do silício, tais características proporcionam massa quase nula a monocamada de grafeno. Em outras palavras, os elétrons na camada de grafeno se comportam como partículas sem massa, deslocando-se com velocidades aproximadamente de 1.000.000 m/s. Tais características refletem no fato dele ser o material mais fino e mais forte já medido no universo, possuindo módulo de Young de 1 TPa (extremamente alto) e a maior resistência intrínseca já medida (aproximadamente de 130 GPa) (Segundo e Vilar, 2016).

De acordo com Segundo e Vilar (2017), a condutividade térmica do grafeno, em temperatura ambiente, pode alcançar 5000 W/m.K (para comparação, a do cobre é de 400 W/m.K). Ademais, a área superficial do grafeno compreende um valor de 2600m<sup>2</sup>/g (centenas de vezes superior a do grafite que é 10m<sup>2</sup>/g e duas vezes maior que a do nanotubo de carbono). O grafeno também possui propriedades ópticas como, por exemplo, a transparência quase que total (podendo absorver uma fração de apenas 2,3% da luz). Tal propriedade óptica está fortemente relacionada às propriedades eletrônicas e a sua baixa energia eletrônica estrutural. Por isso o grafeno tem uma sintonia de propriedades ópticas ultrarrápidas.

### 5.3 Cadeia produtiva

A cadeia produtiva do grafeno tem como foco principal o produto final. Os componentes chave e fluxos de cadeia produtiva giram em torno das instituições interligadas, que visam a pesquisa e desenvolvimento de equipamentos, técnicas de síntese, purificação e comercialização.

Completando a cadeia produtiva, existem empresas que compram o grafeno para a produção de componentes de equipamentos eletrônicos juntamente com várias outras aplicações, auxiliadas por outros países, como é o caso do Brasil e empresas estrangeiras, conforme observado na Tabela 3.

**Tabela 3: Desenvolvimento cooperativo do grafeno entre o Brasil e alguns países de referência nessa área de pesquisa (Jesus et al., 2014).**

<b>Cooperação com o Brasil</b>	<b>Foco de atuação</b>
Canadá	Produção limpa de energia
Estados Unidos	Energias renováveis
China	Materiais nanoestruturados, nanotubos de carbono, dispositivos eletrônicos nanoestruturados, produtos e materiais derivados de biomassa
Portugal	Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) ligado à Universidade de Campinas (SP)
Comissão Européia	Sistema de regulação em nanotecnologia

#### 5.4 Aplicações

O grafeno está cotado a ser o material do futuro, pois suas aplicações estão limitadas, até o momento, apenas pelo pensamento humano. São inúmeras, as aplicações dessa supercomódi-te, dentre elas, destacam-se:

- Condutores transparentes;
- Eletrodos flexíveis e transparentes para células de energia solar;
- Eletrodos flexíveis e transparentes para cristal líquido;
- Transistores de efeito de campo;
- Sensores de pressão;
- Ressonadores;
- Fabricação de chips;
- Eletrônica de base molecular.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação das nanotecnologias na sociedade está causando grande impacto sobre os processos de produção e desenvolvimento de produtos, demandando de um grau de conhecimento mais elevado, por parte das organizações que visem uma posição de destaque, na cadeia produtiva, relacionada à supercomódi-te grafeno.

O cenário de desafios e alterações na economia global implica em estratégias de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) de novas tecnologias, visando o crescimento futuro da qualidade dos processos de setores industriais, como é o caso da mineração. E que, no caso do grafeno, se faz necessário o foco em ganhos de eficiência operacional e de sustentabilidade socioambiental em toda a cadeia produtiva desse novo material, desde a extração da grafita natural até seu desenvolvimento em laboratório.

Por fim, o objetivo dessa revisão de literatura foi de enfatizar a relação existente entre os processos de extração da grafita natural com a qualidade do grafeno produzido, tomando como base trabalhos que abordem o nível de tecnologia mais avançada, até então, como a nanotecnologia.

## 7 AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Avelino Freire pelo incentivo à realização desta pesquisa, no decorrer das atividades da disciplina de Metalurgia Extrativa, no curso de Engenharia de Minas, vinculado a Unidade Acadêmica de Mineração e Geologia da Universidade Federal de Campina Grande.

## 8 REFERÊNCIAS

Duarte, M. A. (2016). Grafita Natural. In: Duarte, M. A. (Org.). *Sumário Mineral 2015*. Brasília: DNPM, 74-75.

Heider, M. (2017). Potencialidade da Cadeia Produtiva da Grafita no Brasil: do Recurso Mineral ao Grafeno. *In The Mine*, São Paulo, 9-12.

Hoover, H. C. (2008). Stopping: Methods of ore-breaking; underground stopes; overhand stopes; combined stope; valuing ore in course of breaking. In: Hoover, H. C. (Ed.). *Principles of Mining: Valuation, Organization and Administration*. New York: McGraw-Hill Book Company, (pp. 98-100).

Jesus K. A.; Freire, E.; Guimarães, M. J. O. C. (2014). Análise da Cadeia Produtiva do Grafeno. *Revista Espacios*, Caracas, (v. 35, n. 12, p. 22).

Jesus, K. A.; Freire, E.; Guimarães, M. J. O. C. (2012). Grafeno: Aplicações e Tendências Tecnológicas. *RQI*. Rio de Janeiro, 14-19.

Lobato, E. (2009). Perfil da Grafita. Relatório Técnico elaborado pela J. Mendo Consultoria. Belo Horizonte: Ministério de Minas e Energia – MME e Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD. Fev. N°: 41. Contrato N°: 48000.003155/2007-17.

Sampaio, J. A.; Braga, P. F. A.; Dutra, A. J. B. (2008). Grafita. In: Sampaio, J. A. (Org.). *Rochas e Minerais Industriais – CETEM*. Rio de Janeiro: CETEM, 527-549.

Segundo, J. E. D. V.; Vilar, E. O. (2016). Grafeno: Uma revisão sobre propriedades, mecanismos de produção e potenciais aplicações em sistemas energéticos. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, Campina Grande, (v. 11, n. 2, p. 54-57).



**COMO CITAR ESTE ARTIGO:**

Ramos, R. M. (2021). Produção do grafeno a partir da grafita natural. *Holos*. 37(2), 1-12.

**SOBRE OS AUTORES****R. M. RAMOS**

Graduado em Engenharia de Minas na Unidade Acadêmica de Mineração e Geologia.

E-mail: [rayff.ufcg@gmail.com](mailto:rayff.ufcg@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8468-2496>

**Editor(a) Responsável:** Francinaide de Lima Silva Nascimento

**Pareceristas *Ad Hoc*:** Defsson Douglas e Paulo Filipe Lopes

