

Armazenamento e geração de energia à base de grafeno

Christiano J. S. de Matos

MackGraphe

Universidade Presbiteriana Mackenzie

<http://mackgraphe.mackenzie.br/>

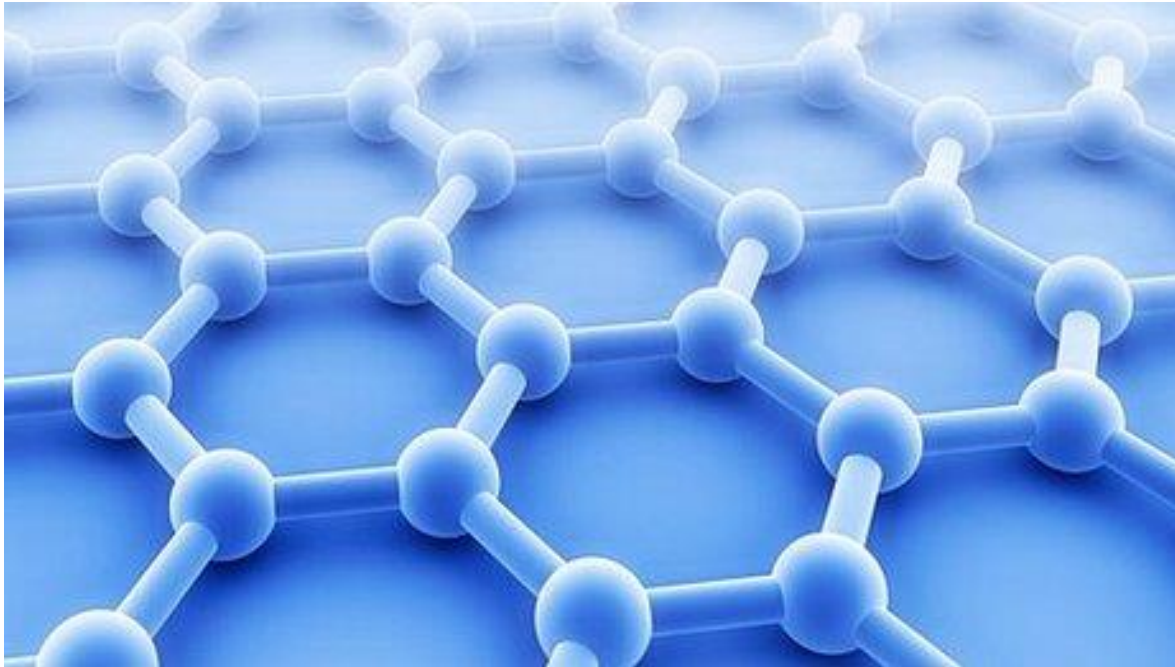
cjsdematos@mackenzie.br



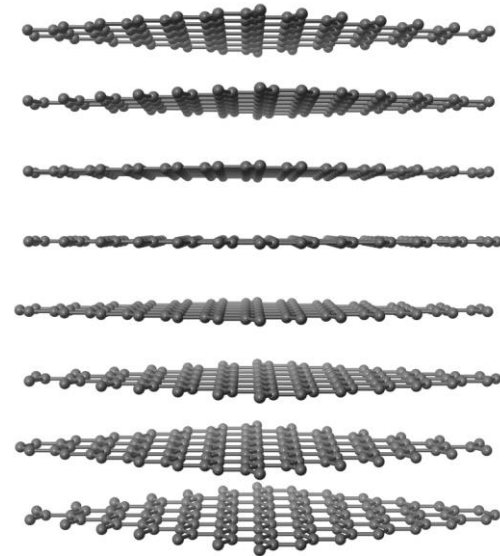
Prof. E. A. Thoroh de Souza

O que é grafeno?

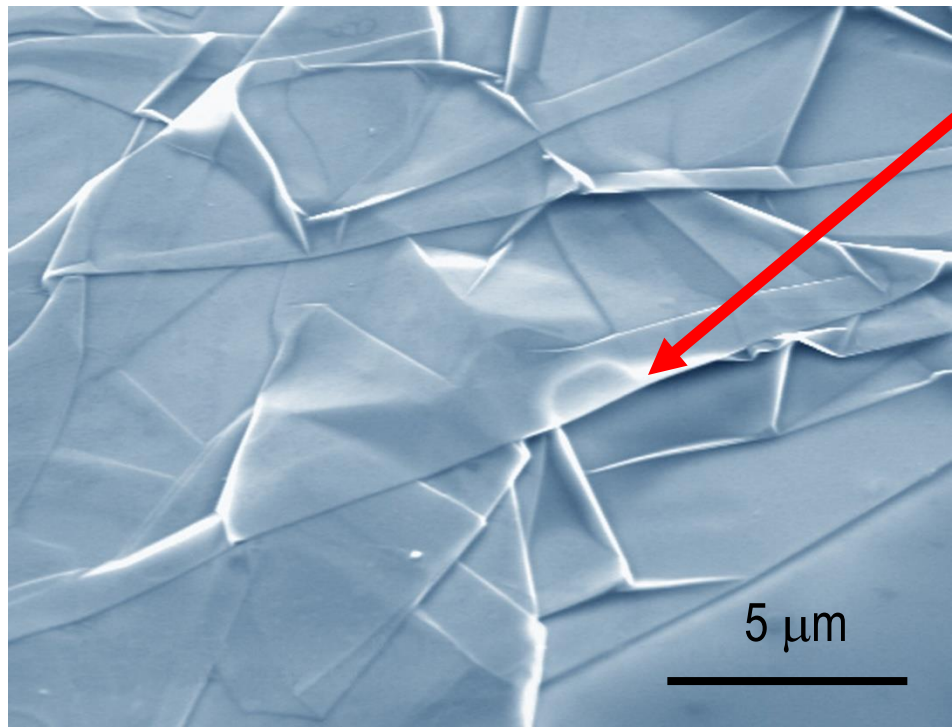
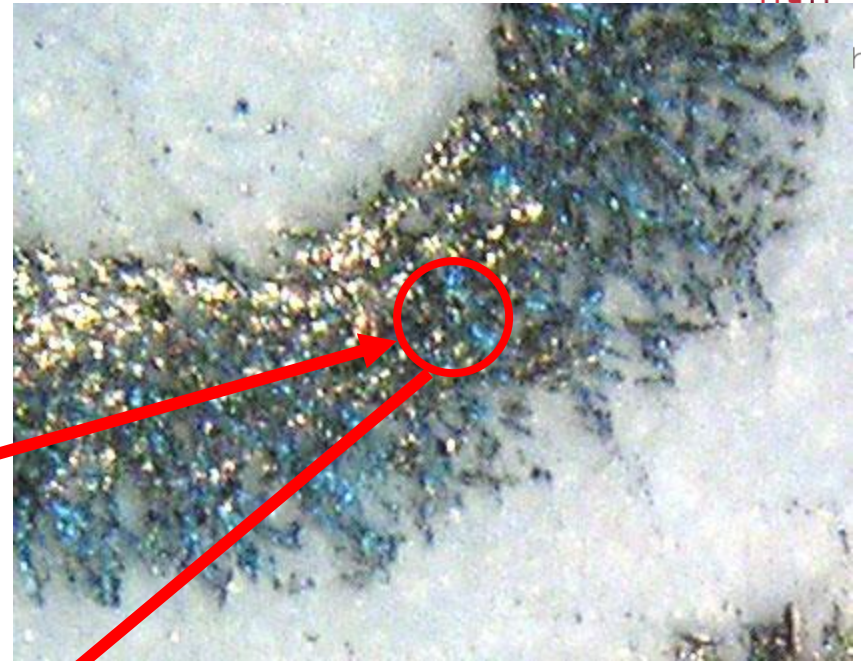
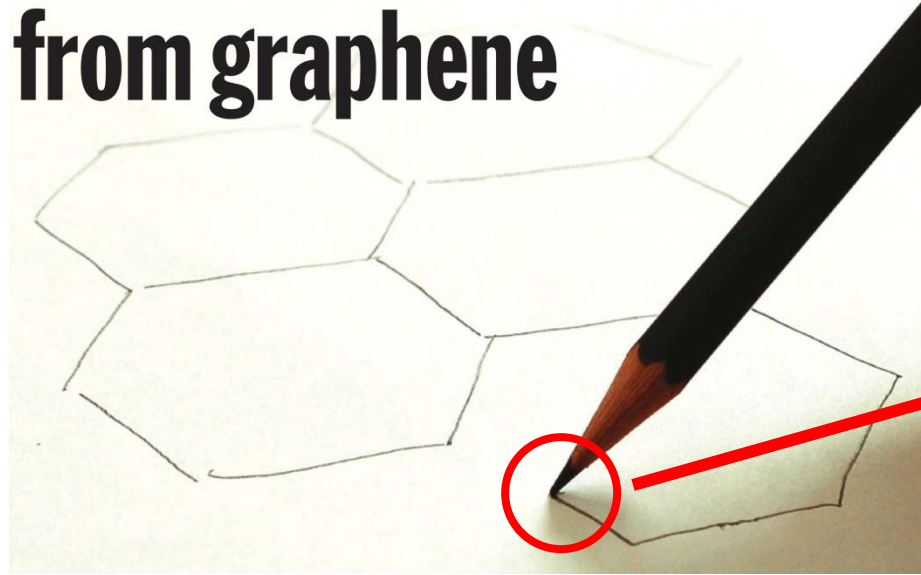
O grafeno é um cristal com a espessura de um único átomo, formado por átomos de carbono dispostos em uma estrutura hexagonal.



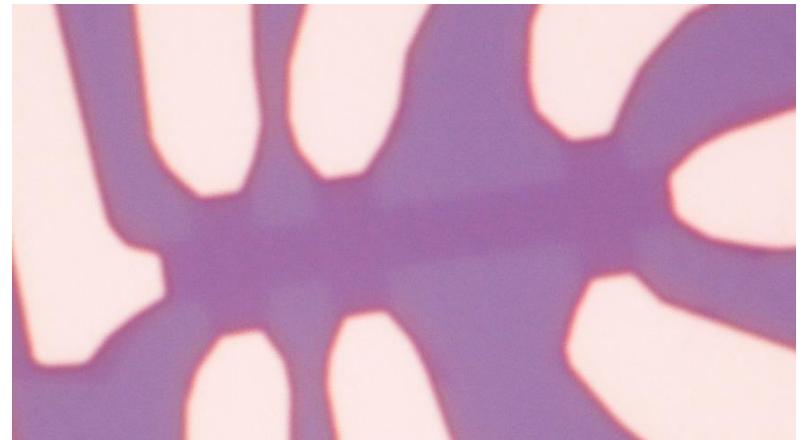
Grafite



Drawing conclusions from graphene



2004: primeiros dispositivos eletrônicos



Propriedades superlativas do grafeno

É o material mais fino

Um milhão de vezes mais fino do que um cabelo humano. E por isso é também flexível.

É o material mais leve

1 g de grafeno cobre um campo de futebol.

É o melhor condutor térmico

A condutividade térmica do Grafeno é mais de 10 vezes maior do que a do cobre.

É transparente

O grafeno absorve apenas 2% da luz e, portanto, é quase invisível a olho nu.

Possui a maior mobilidade elétrica

Elétrons no grafeno possuem a maior mobilidade que se conhece.

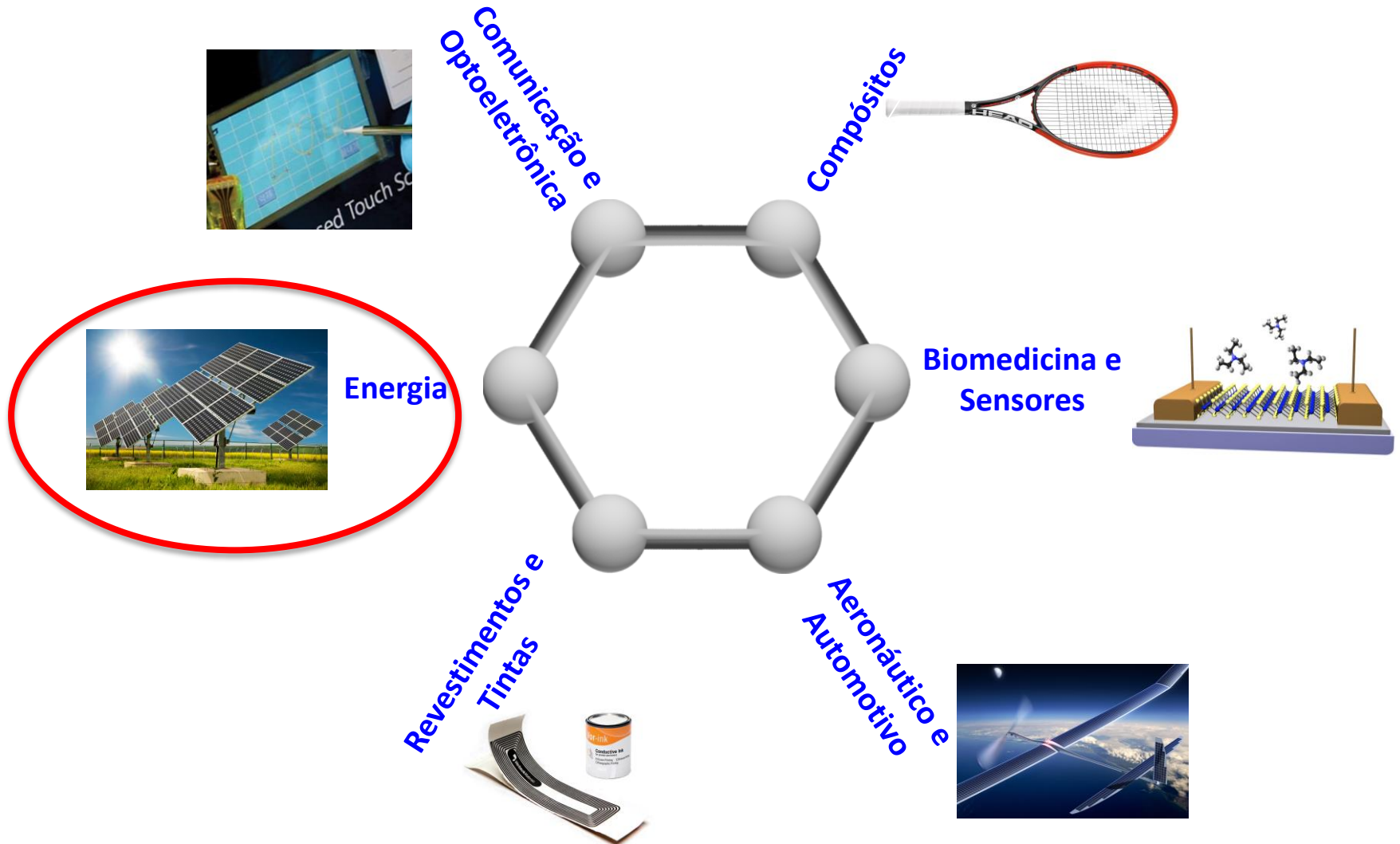
É o material mais forte

É mais de 200 vezes mais forte que o aço. Mas é flexível.



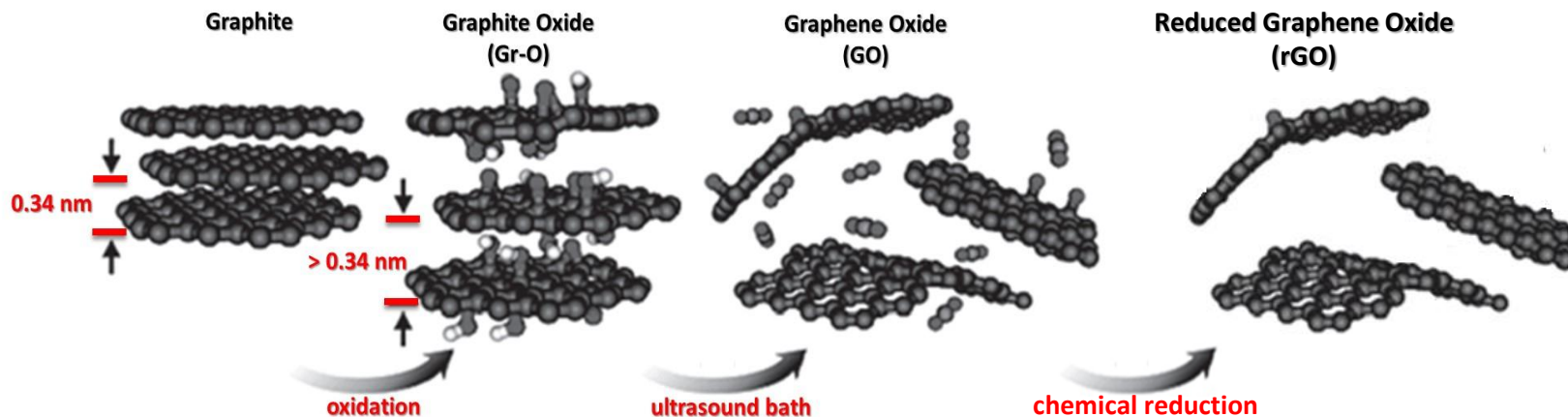
Grafeno

Visão geral das aplicações do grafeno em diferentes setores

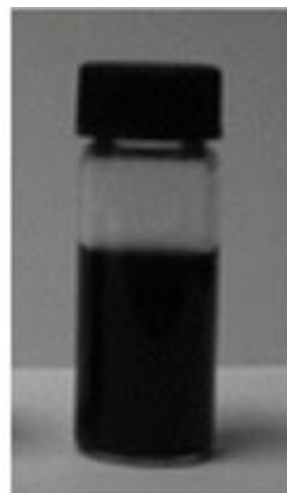


Produção de grafeno e derivados

Esfoliação química de grafite



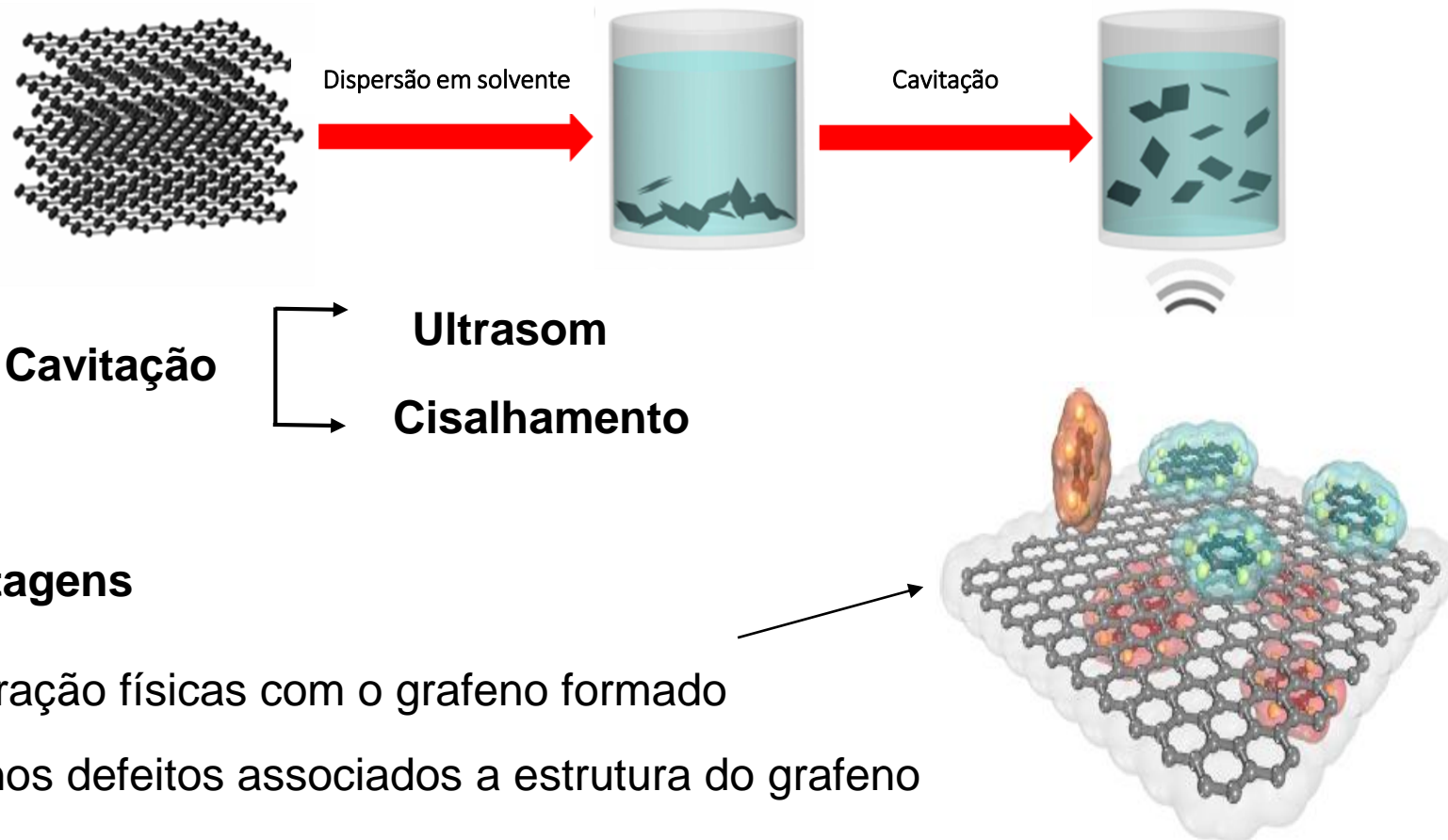
GO



rGO

Produção de grafeno e derivados

Esfoliação de grafite em fase líquida



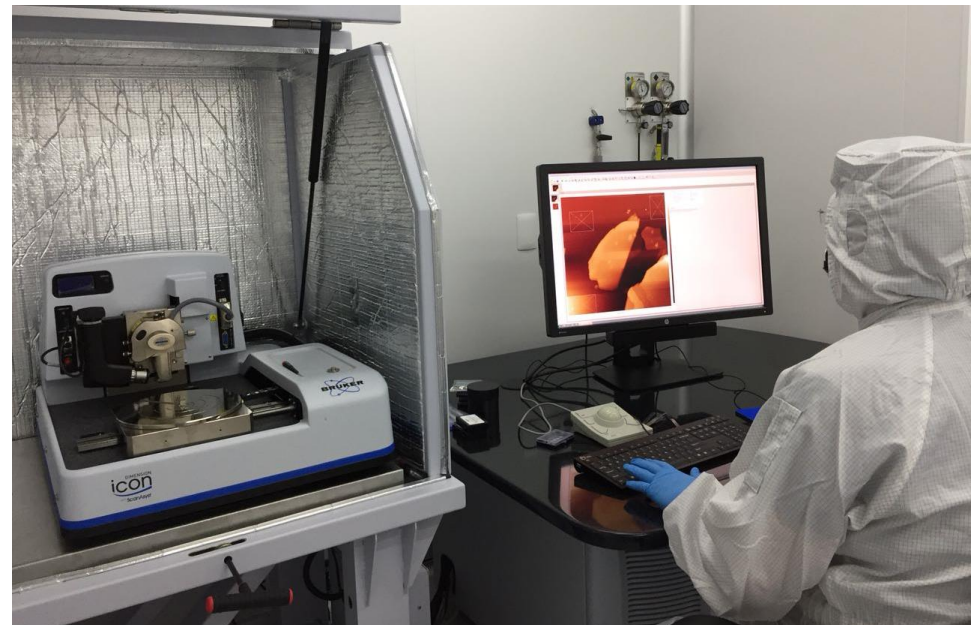
- **Vantagens**

- ✓ Interação físicas com o grafeno formado
- ✓ Menos defeitos associados a estrutura do grafeno

O MackGraphe

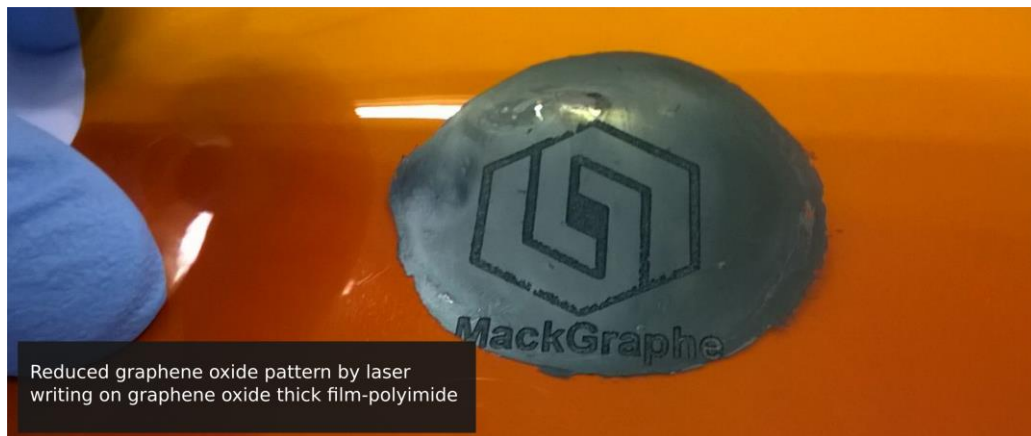


É o centro de pesquisas em grafeno e nanomateriais da Universidade Presbiteriana Mackenzie, localizado no *Campus* Higienópolis da Universidade.



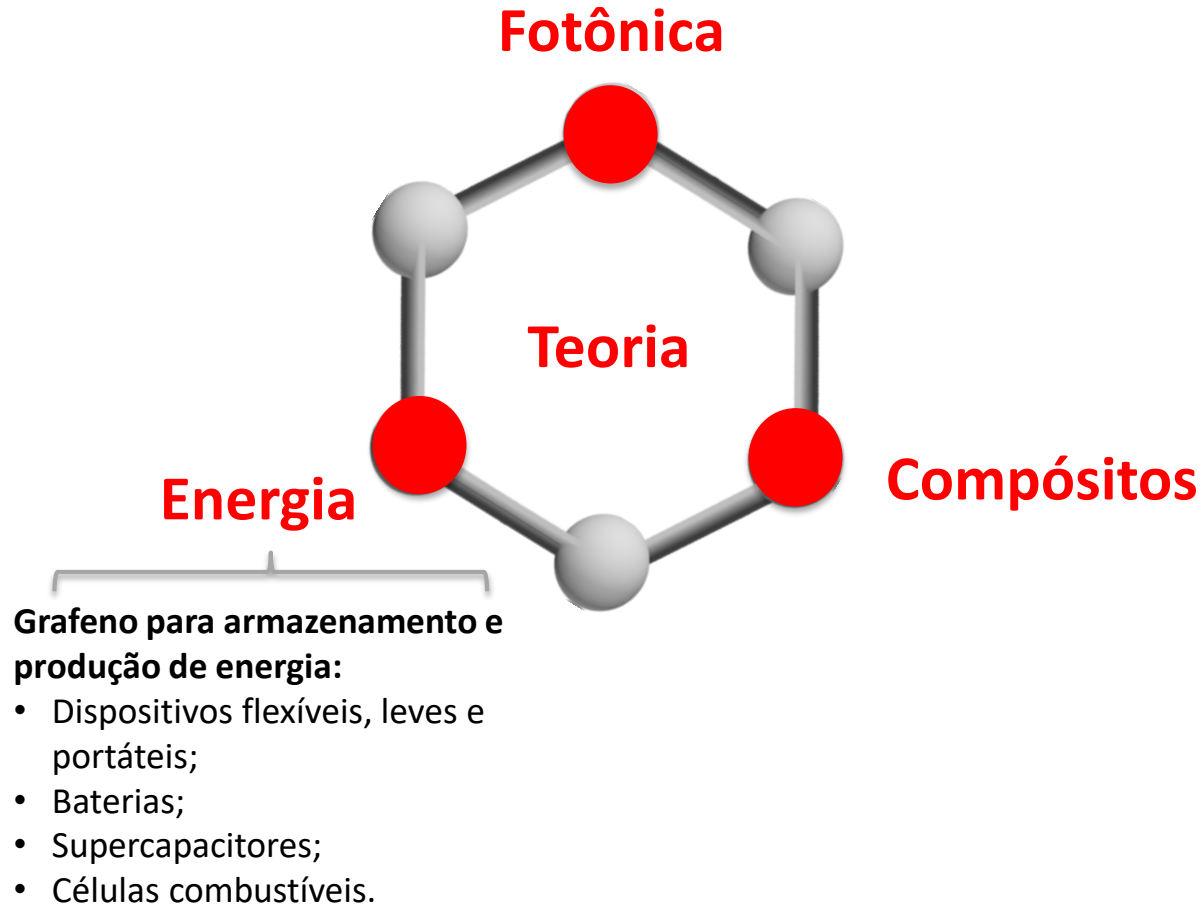
O MackGraphe

O MackGraphe tem por missão investigar as propriedades do grafeno e de outros nanomateriais bidimensionais com uma **visão de engenharia aplicada**, e desenvolver tecnologias que atendam às reais necessidades da sociedade em próxima colaboração com indústrias.

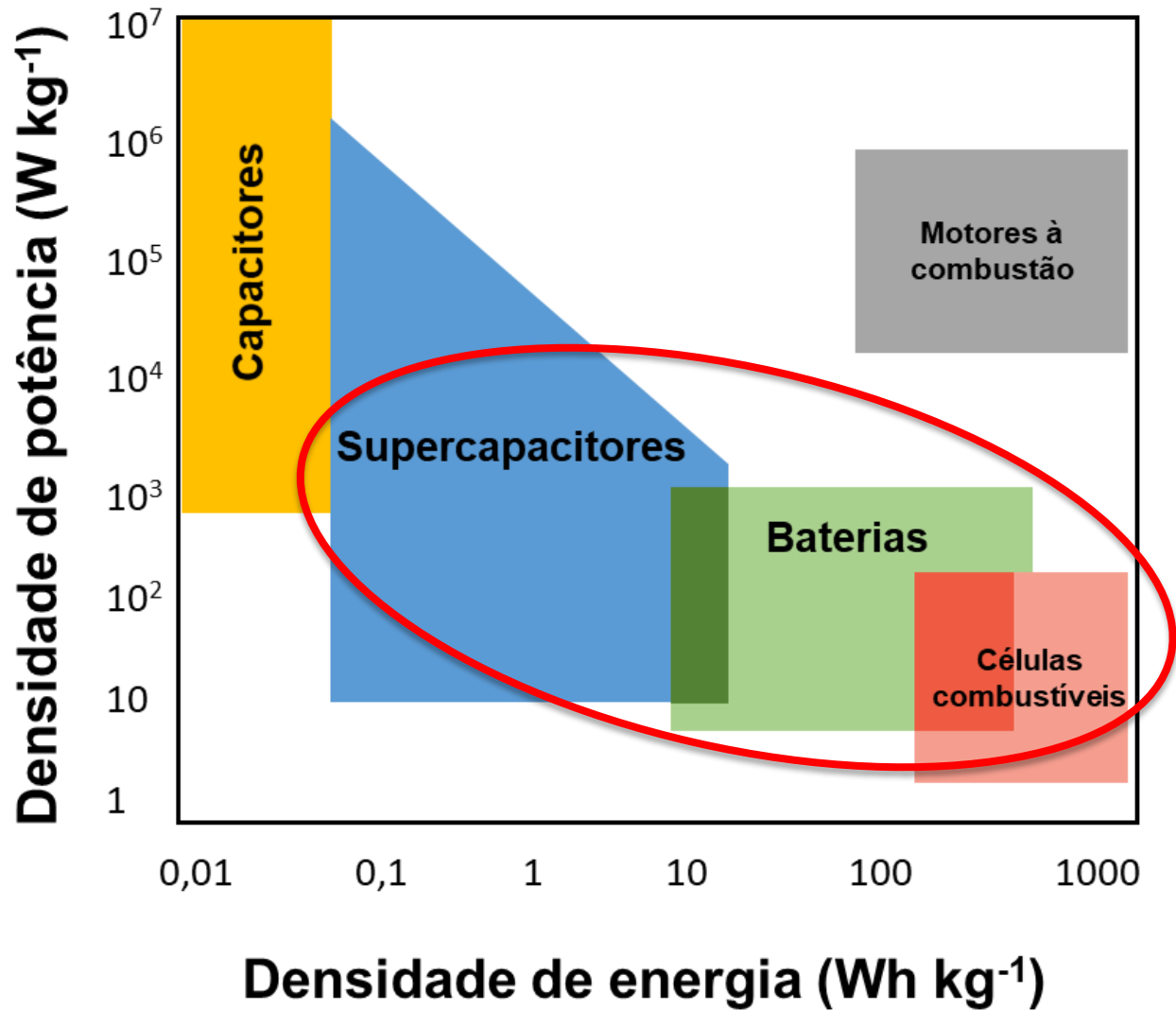


Reduced graphene oxide pattern by laser writing on graphene oxide thick film-polyimide

Setores de Interesse do MackGraphe

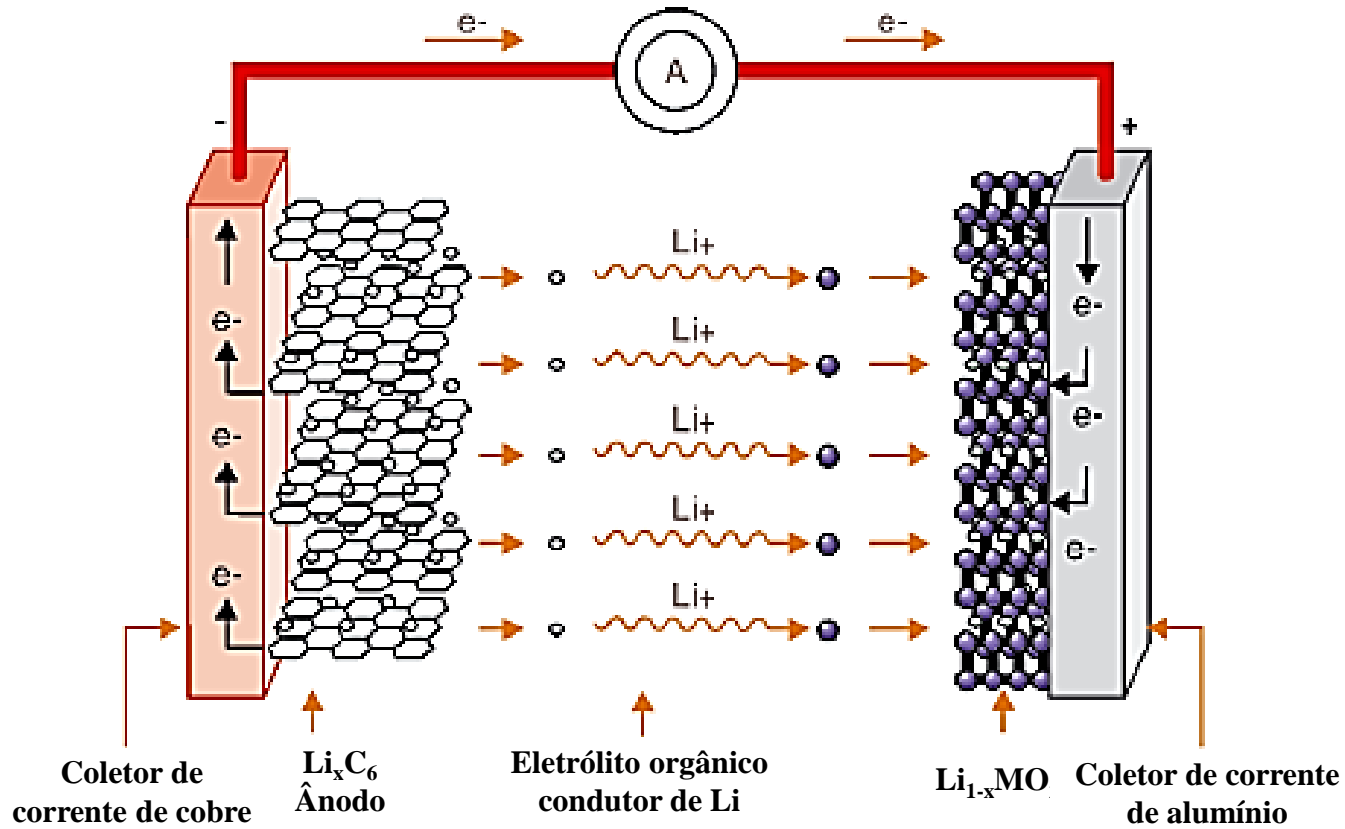


Dispositivos de armazenamento de energia



Baterias íon lítio

- SONY, 1991: Primeira bateria íon-lítio (íon-Li), baseada em um ânodo de grafite e cátodo de cobaltado de lítio (LiCoO_2) e com uma tensão nominal de 3,6V.

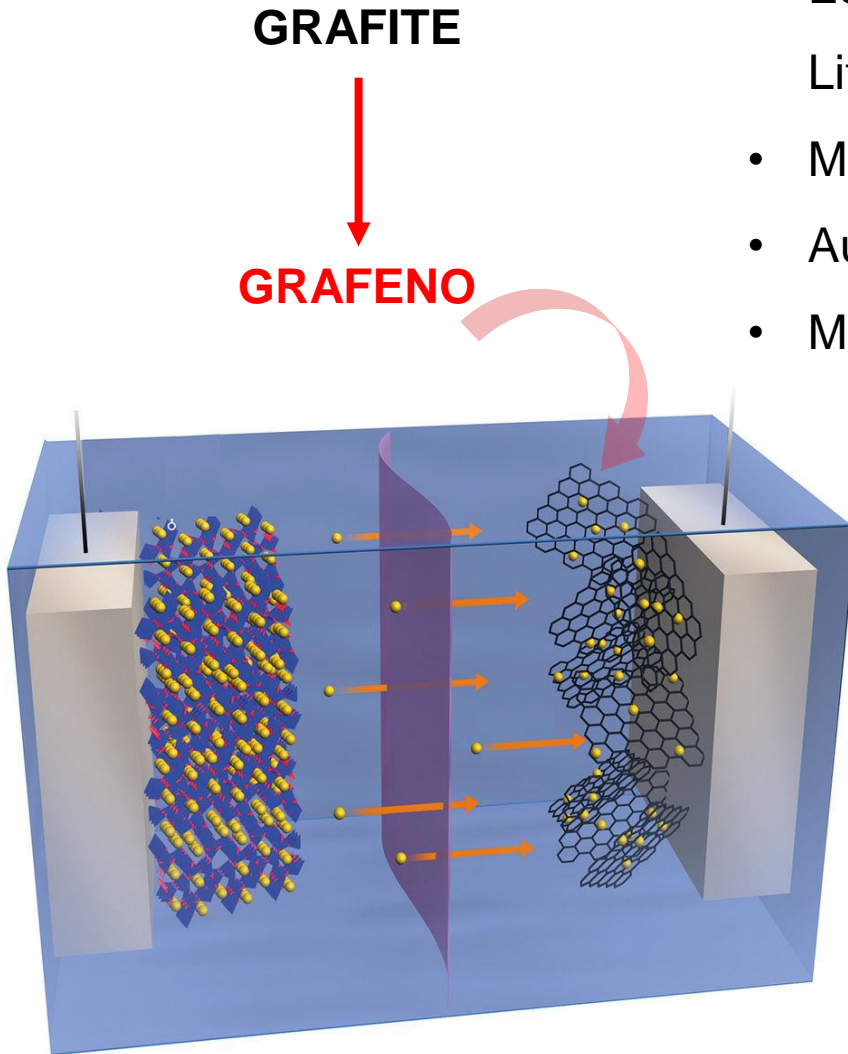


Grafite

Capacidade de 400 mAh/g
400-1200 ciclos

Baterias íon lítio com grafeno

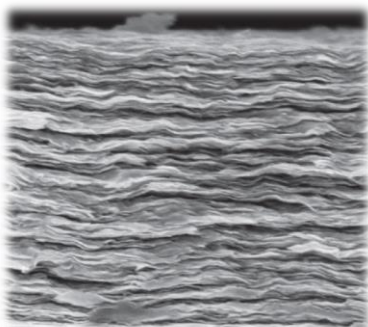
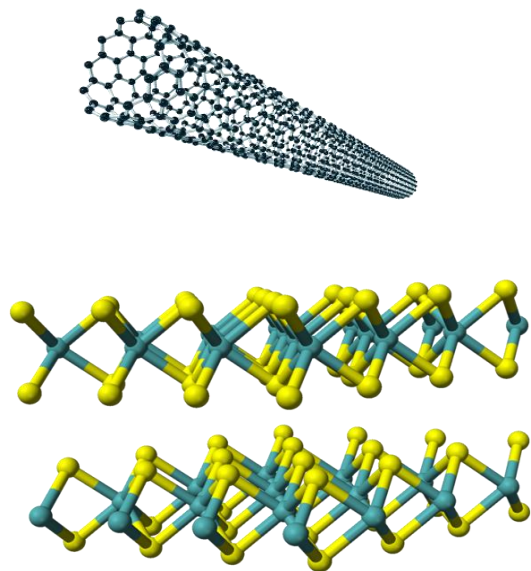
- Estrutura lamelar facilita a inserção dos íons Li^+ em sua estrutura
- Maior capacidade específica
- Aumento do número de ciclos
- Maior tempo de vida útil



Baterias flexíveis

Baterias Íon – Li

Substituição dos componentes rígidos das baterias por nanomateriais:

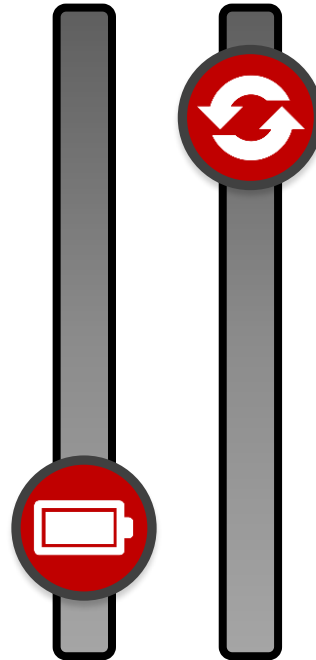
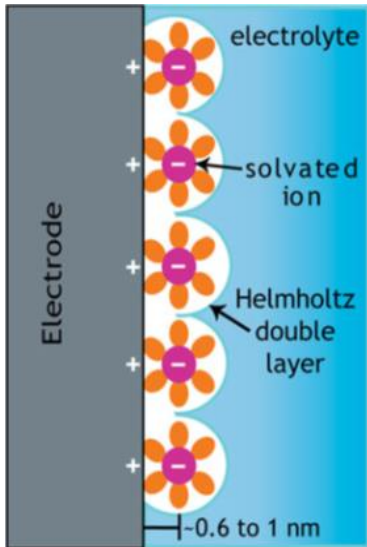


- Filmes de Nanotubos de Carbono (Coletores de corrente)
- Grafeno e Sulfeto de molibdênio (eletrodos de ânodo)
- Nanocompósitos condutores a base de óxido cobaltato de lítio (eletrodos de cátodo)

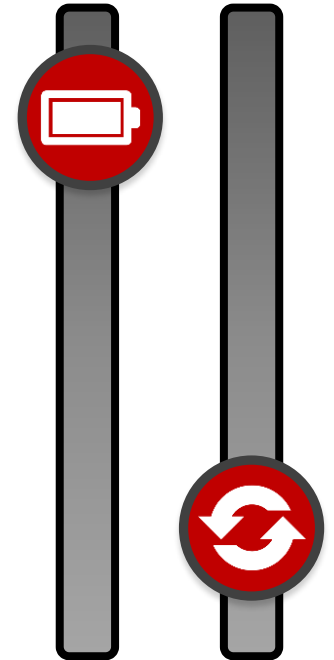
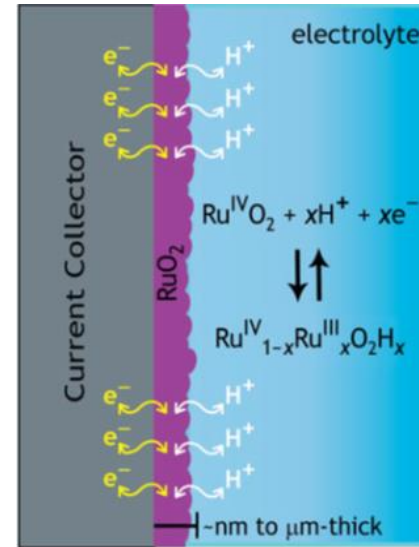


Supercapacitores

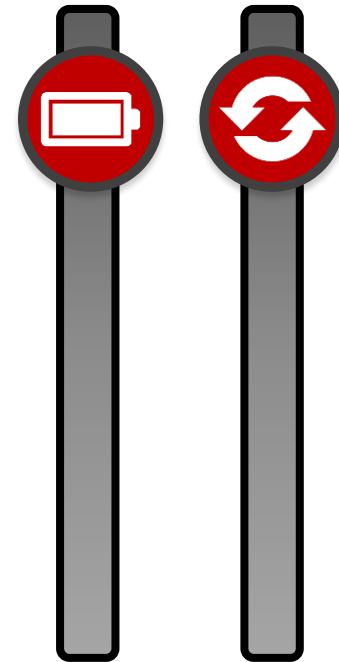
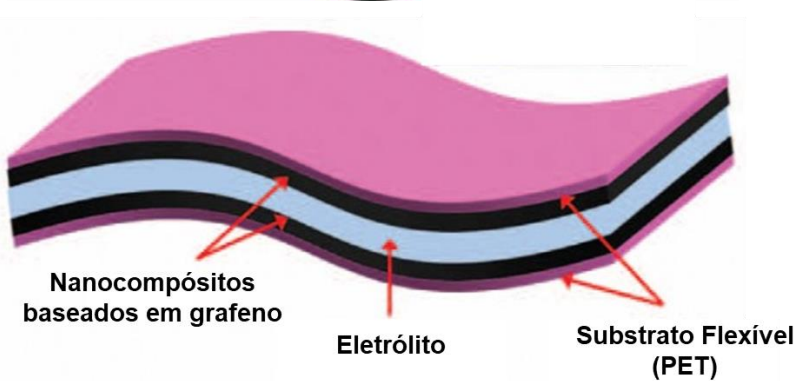
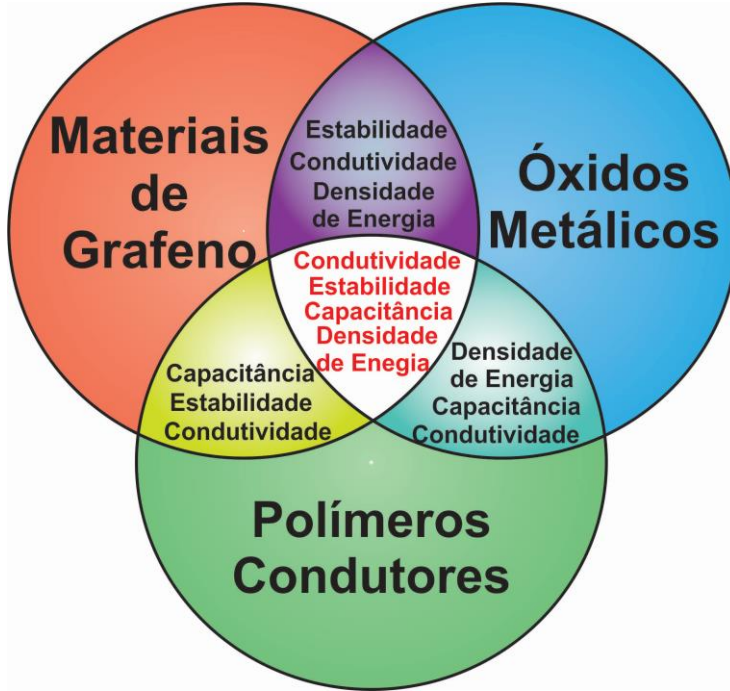
Dupla Camada Elétrica Grafeno



Pseudocapacitância Polímeros condutores Óxidos metálicos



Supercapacitores híbridos

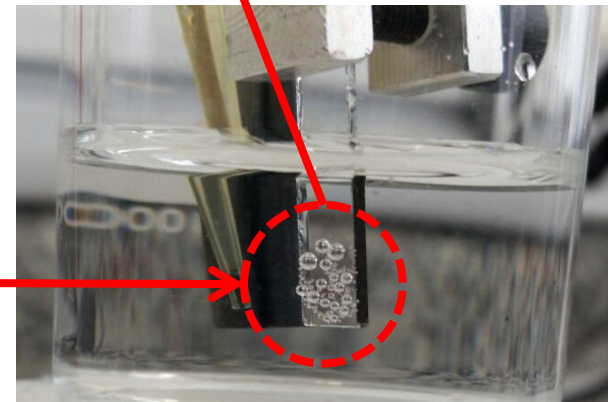
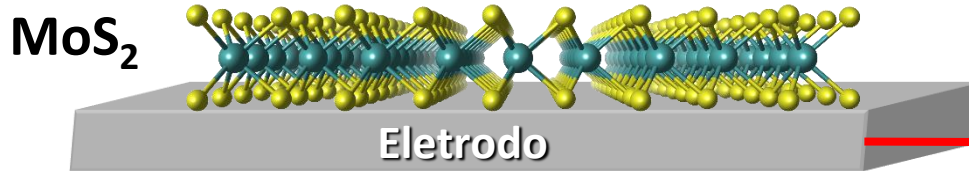
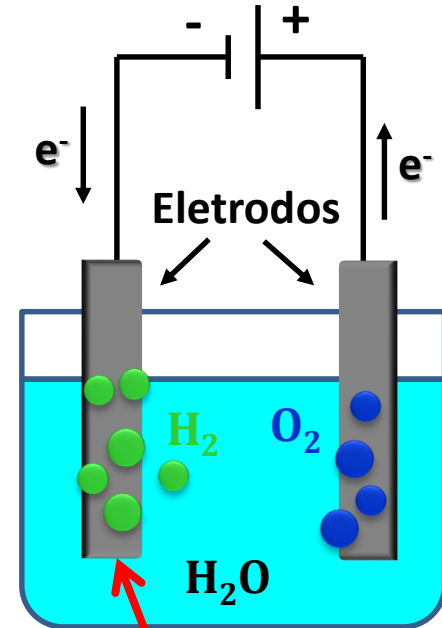


Híbridos

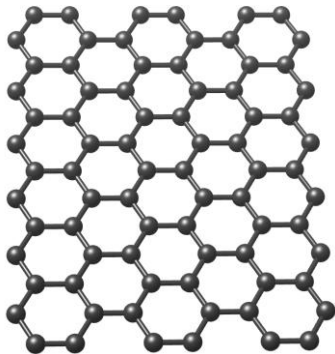
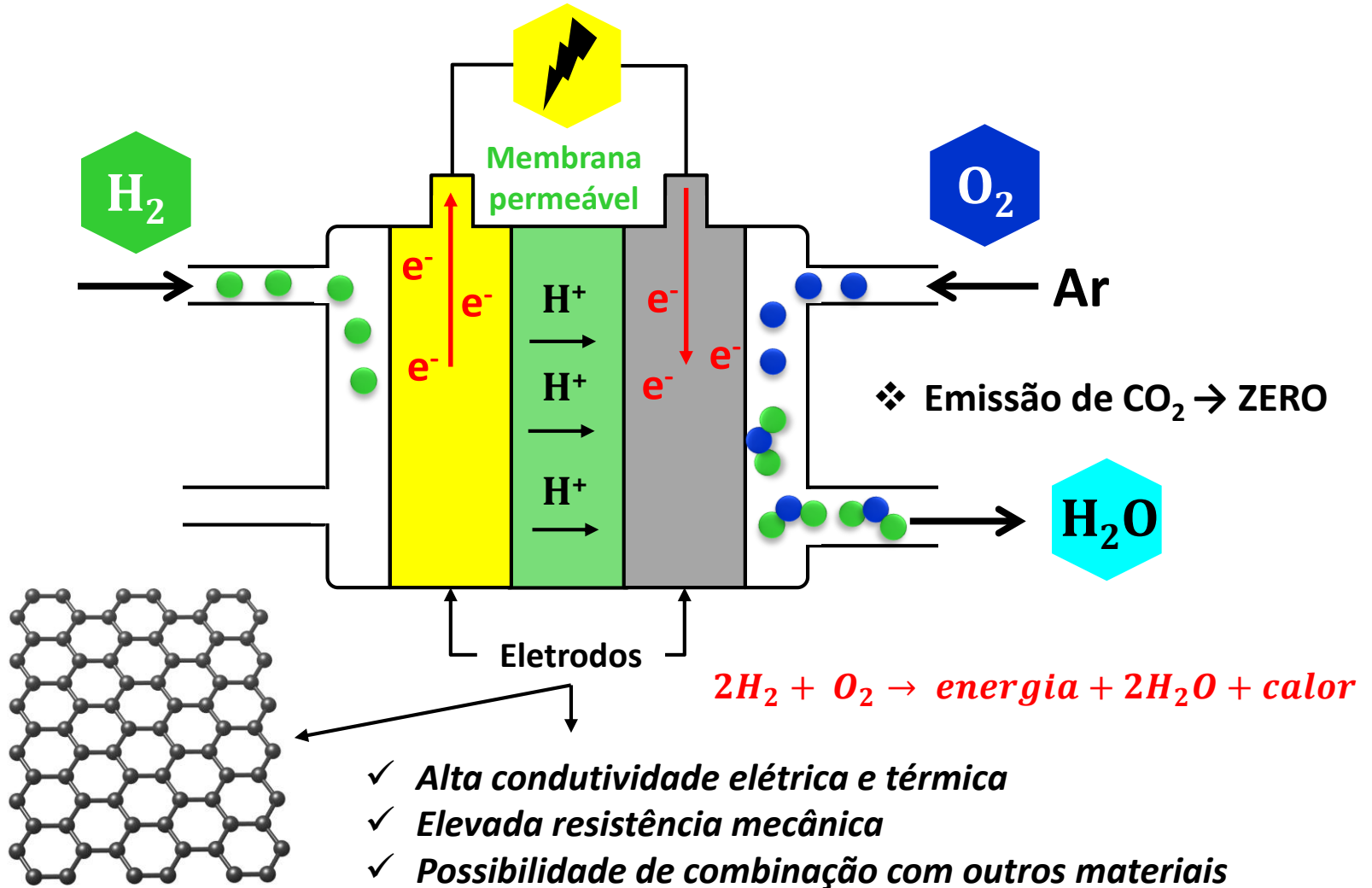
Células combustíveis: Hidrogênio a partir da água



Diminui o consumo de energia
no processo e viabiliza a
produção do combustível



Células combustíveis à base de grafeno



Grafeno e derivados

- ✓ Alta condutividade elétrica e térmica
- ✓ Elevada resistência mecânica
- ✓ Possibilidade de combinação com outros materiais
- ✓ Leveza e flexibilidade

Potencial comercial do grafeno

Produção de grafite

- China – 780.000 ton. (67%)
- Índia – 170.000 ton. (15%)
- Brasil – 80.000 ton. (7%)
- Turquia – 30.000 ton. (2%)
- Canada – 30.000 ton. (2%)
- Coreia do Norte – 30.000 ton. (2%)

<https://investorintel.com>

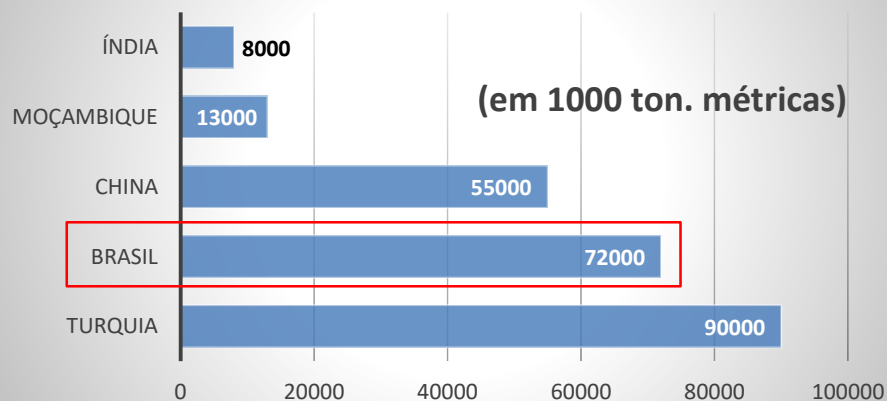
Preço: grafite vs. grafeno

1 kg de grafite ~ US\$ 1

1 g de grafeno ~ US\$ 100

Empresas produzindo ou utilizando grafeno

Reservas de grafite



<https://www.statista.com/statistics/267367/reserves-of-graphite-by-country/>



<https://www.graphene-info.com/companies>

Empresas utilizando grafeno para aplicações em energia

Empresa	Localização	Ramo
ZapGo	Reino Unido	Supercapacitores
Skeleton Technologies	Alemanha	Supercapacitores
Graphenex	Reino Unido	Supercapacitores
Ionic Industries	Austrália	Supercapacitores
SupraG Energy	Austrália	Supercapacitores
Nanotech Energy	EUA	Supercapacitores
GMCC	China	Supercapacitores
Graphene ESD	EUA	Supercapacitores
Talga Resources	Austrália	Baterias
JenaBatteries	Alemanha	Baterias
CalBattery	EUA	Baterias
SiNode Systems	EUA	Baterias
NanoPhyll	Canadá	Células solares
Nanotech Engineering	EUA	Células solares
Sunvault Energy	Canadá	Supercapacitores, baterias, células solares
Eskagon	Reino Unido	Geração, conversão e armazenamento

Grafeno em baterias íon-Li no mundo

Alemanha



Estabilidade maior que 10 000 ciclos



[COMPANY](#) ▾

[PRODUCTS](#) ▾

[APPLICATIONS](#)

[NEWS & EVENTS](#)

[DOWNLOADS](#)

[CONTACT](#)

 [DE](#)



JENABATTERIES

SUSTAINABLE, SAFE, SCALABLE ENERGY STORAGE

Grafeno em baterias íon-Li no mundo

Estados Unidos – empresa nasceu de parceria com Northwestern University e Argonne National Laboratory.

Capacidade de 1000-2500 mAh/g



[TECHNOLOGY](#)

[TEAM](#)

[MEDIA](#)

[JOBS](#)

[CONTACT](#)

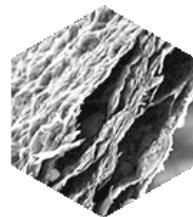
English ▼



Our silicon-graphene composites enable longer lasting, faster charging batteries.

SiNode technology utilizes a composite of silicon and graphene in a layered structure, which was developed, optimized, and patented by our team working in collaboration with researchers at Northwestern University and Argonne National Laboratory.

Whereas current graphite-based anodes offer a capacity of 372 mAh/g, SiNode material can be customized to achieve capacities between 1000 mAh/g and over 2500 mAh/g, delivering higher cell level energy density. In addition, in-plane nano-engineered porosity is introduced to the graphene layers, allowing rapid ionic diffusion through the structure for faster charging.



O Cenário Brasileiro

- Não temos notícias de empresas brasileiras comercializando dispositivos para armazenamento de energia com grafeno
- Universidades e Centros desenvolvendo pesquisa na área
 - IPEN
 - INCT Nanomateriais de Carbono
 - MackGraphe
 - CDTN/Codemig
 - USP
 - UFMG
 - UFPR
 - UFSCar
 - Unicamp
 - TecPar
 - CPqD

Considerações finais

- Grafeno e materiais similares oferecem imensas oportunidades para o setor elétrico
 - Baterias e supercapacitores com maior capacidade e maior número de ciclos
 - Geração de hidrogênio e células combustíveis sem impacto ambiental
- Há *expertise* nas instituições de pesquisa brasileiras
- São necessárias ações específicas para estimular o envolvimento de empresas.



MackGrappe

Obrigado pela atenção!