

Graphene



**CNPEM**  
Centro Nacional de Pesquisa  
em Energia e Materiais



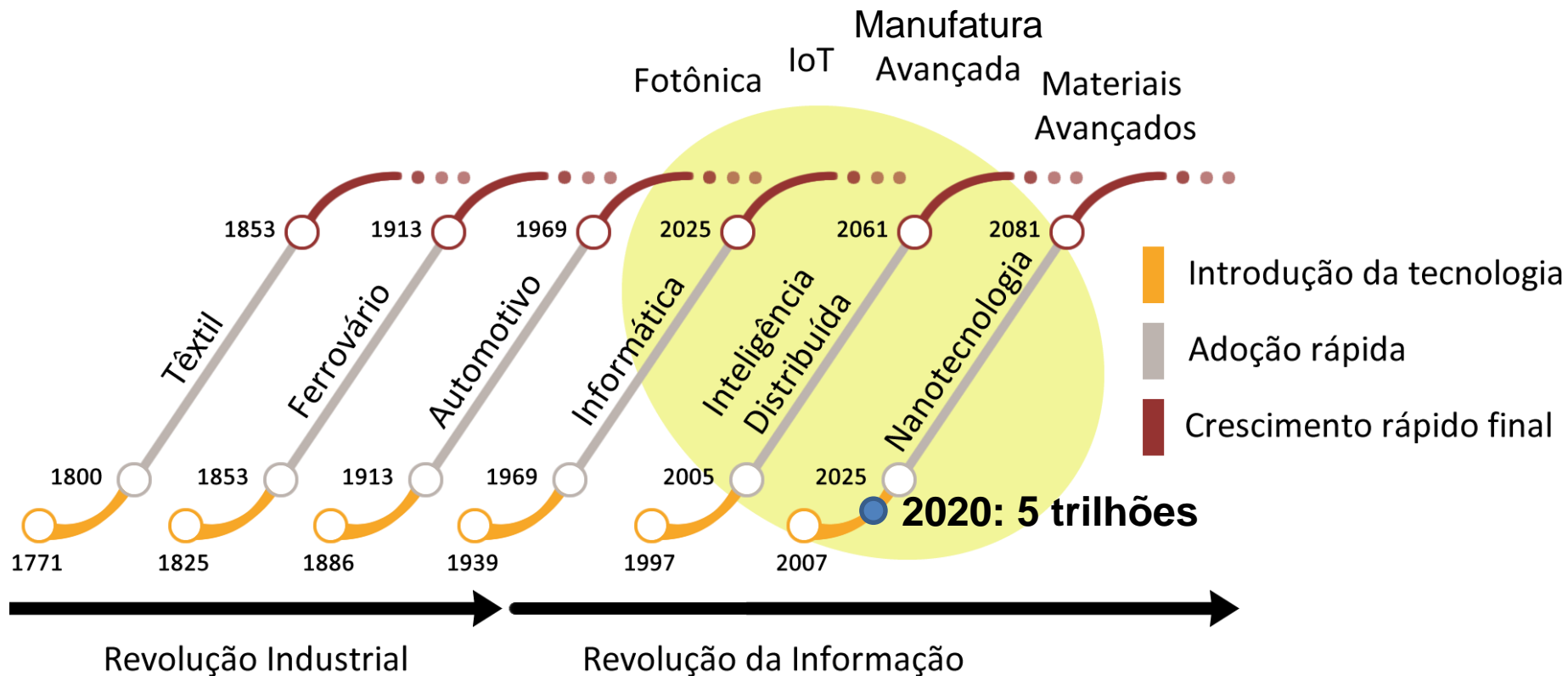
LNLS – Laboratório Nacional de Luz Síncrotron

CTBE – Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol

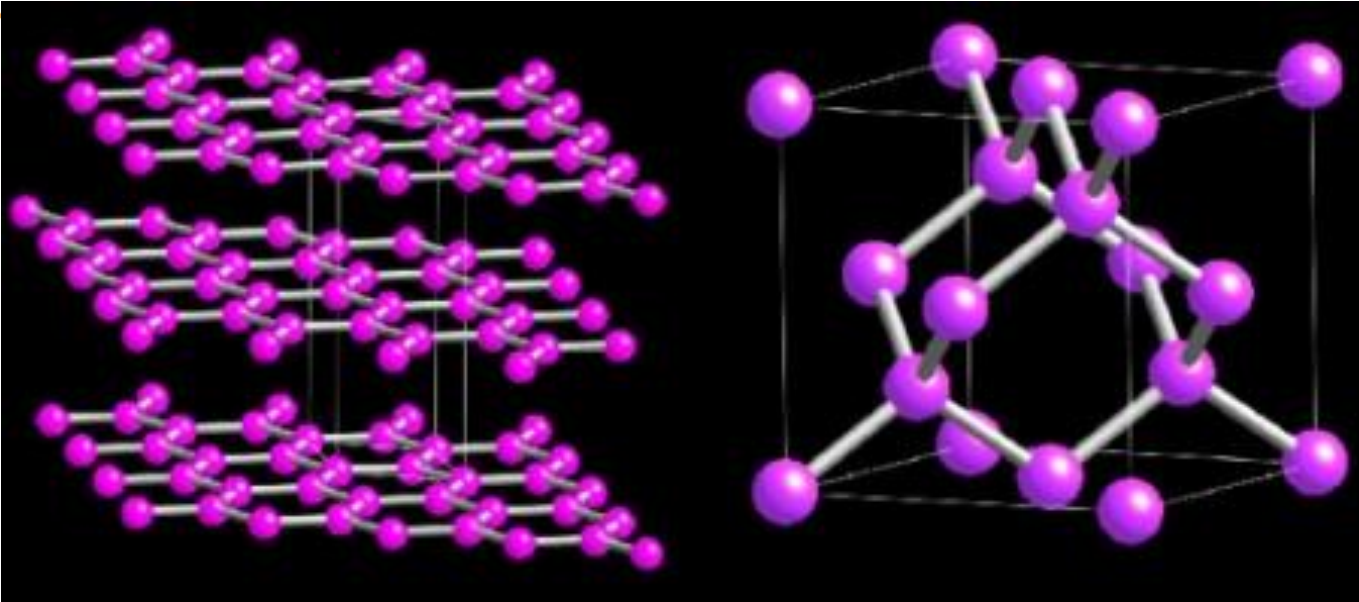
LNBio – Laboratório Nacional em Biociências

LNNano – Laboratório Nacional de Nanotecnologia

# Motivação



Fonte: Norma Poire, Merrill Lynch, LuxResarch, Adaptação: Leandro Antunes Berti



Graphite



Diamond

# POR QUE GRAFENO ?

**Maior mobilidade eletrônica**

**Condutividade térmica comparável ao diamante**

**100 vezes mais forte que o aço**

**Flexível/Leve**

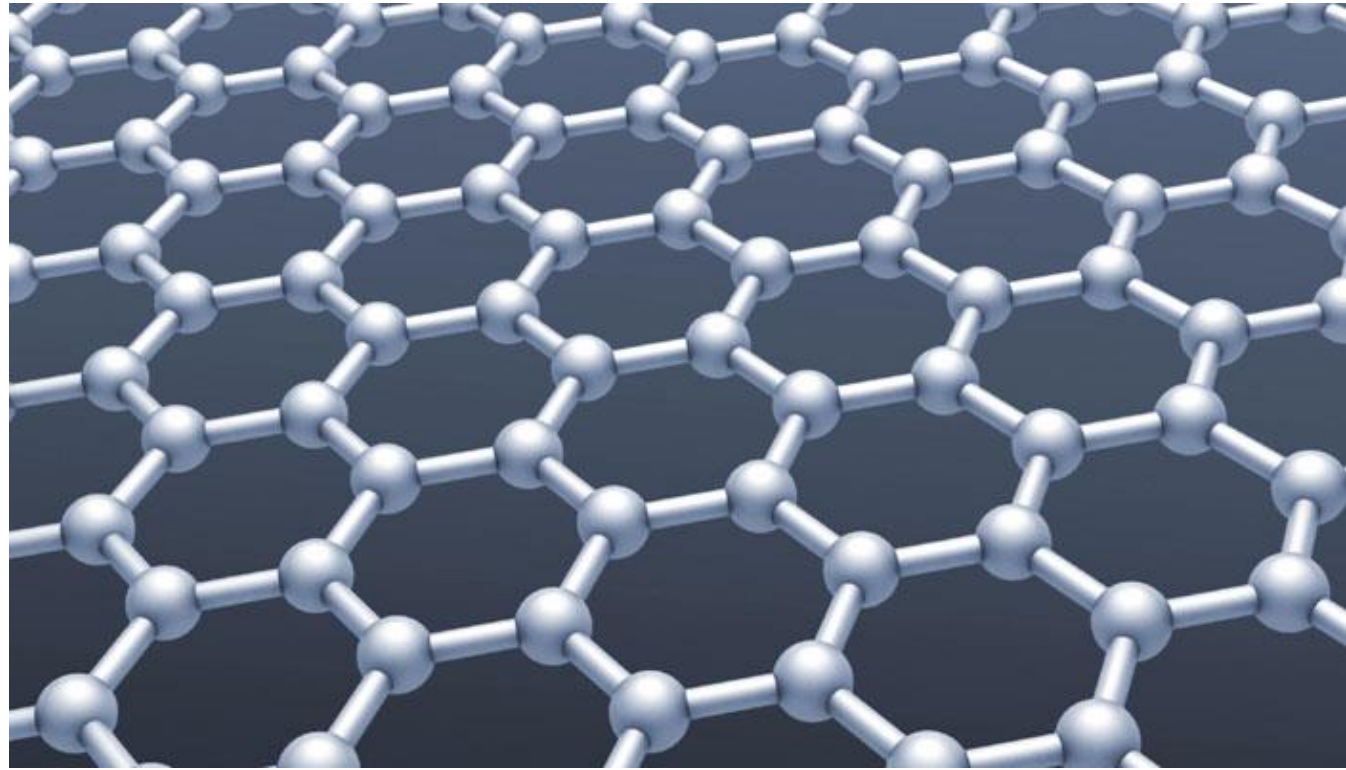
...

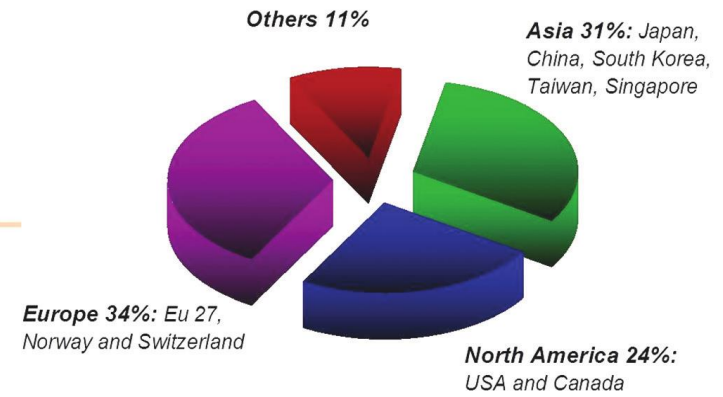


# O que é o grafeno ?

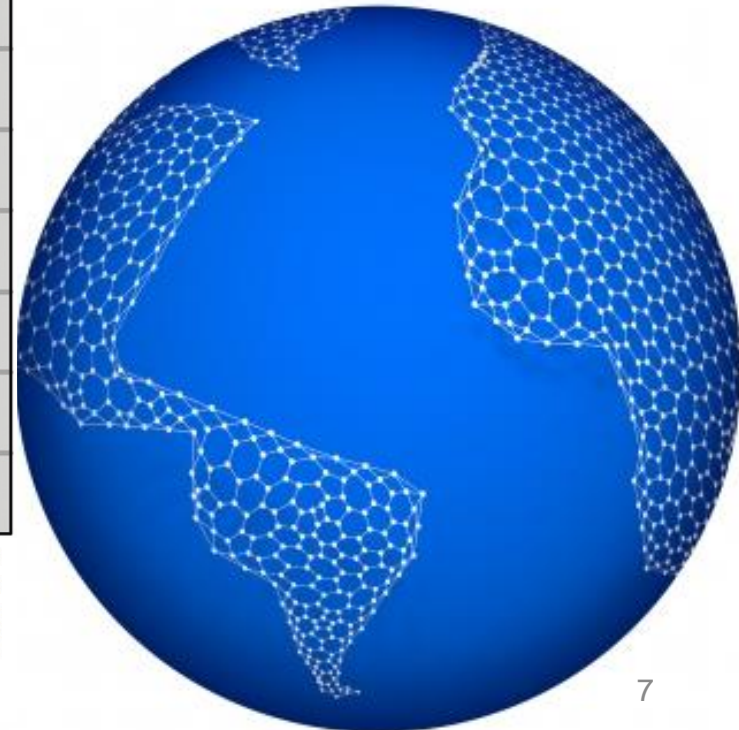
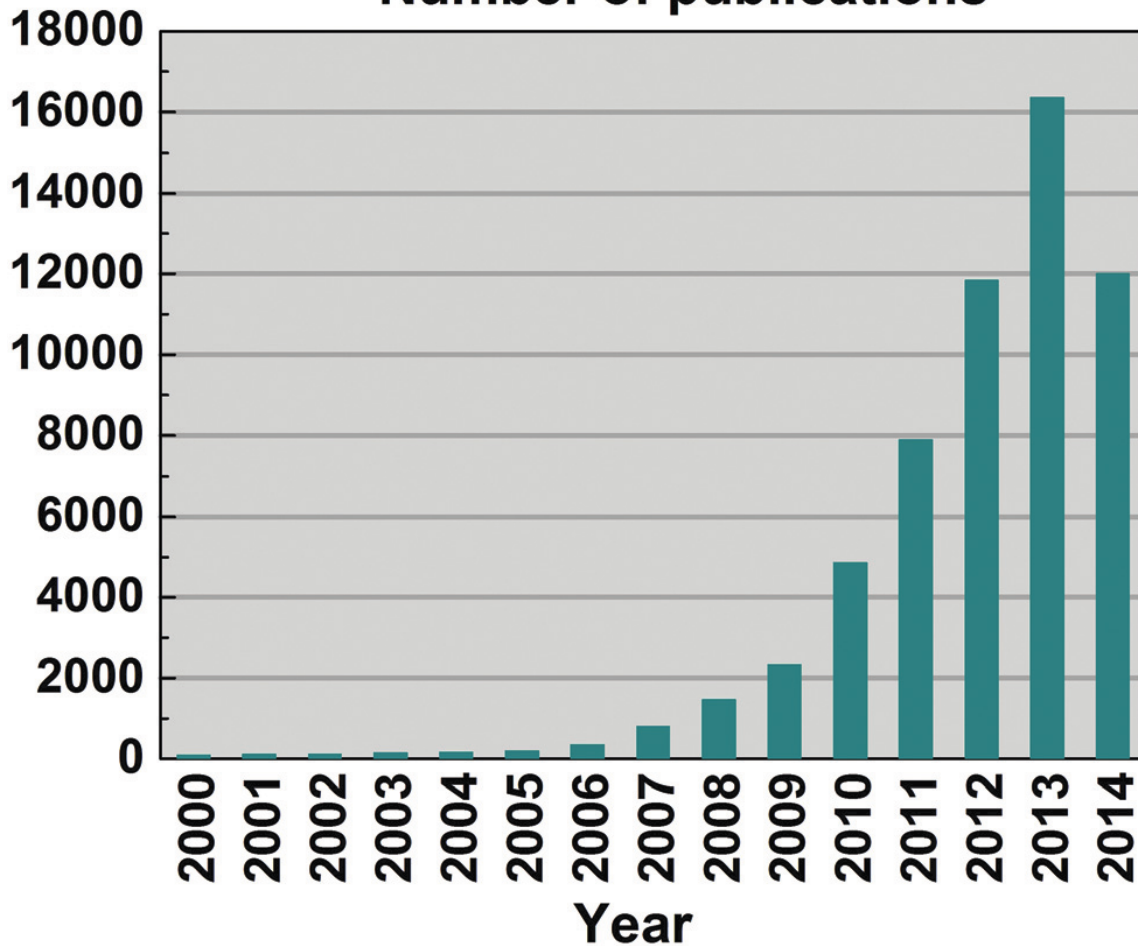
**Primeiro material 2D . Uma única camada bidimensional de átomos de carbono em um arranjo hexagonal.**

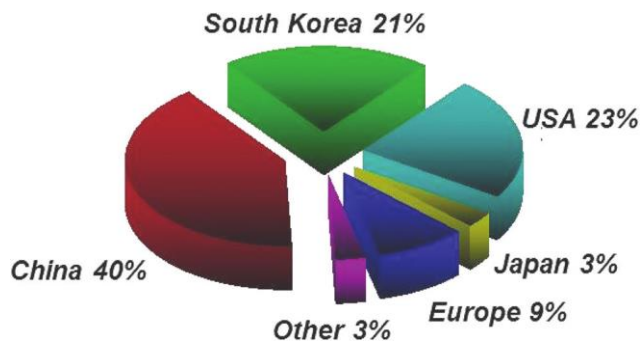
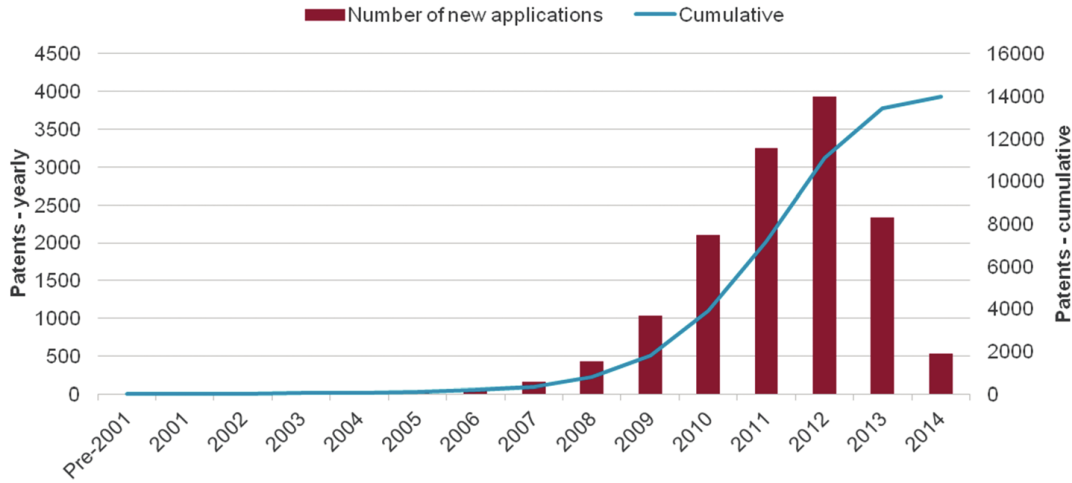
**É um dos materiais mais versáteis .**



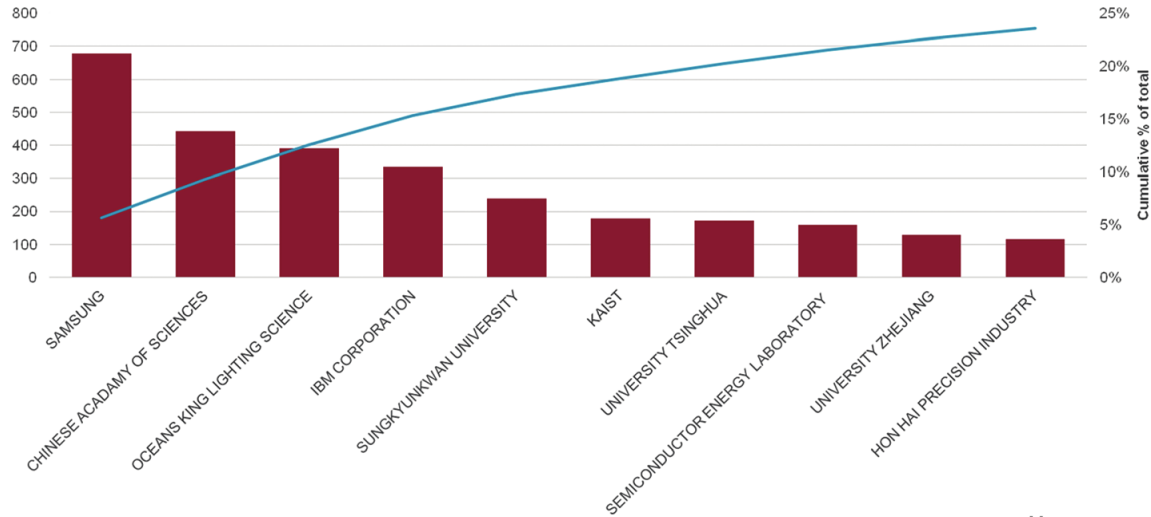


## Number of publications



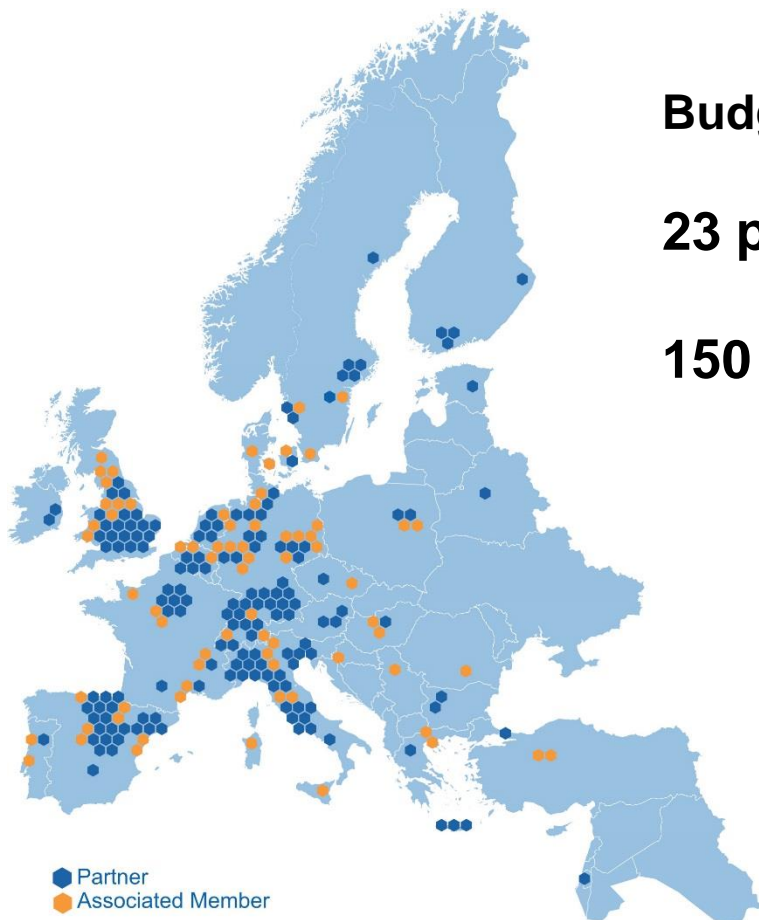


Graphene: Top 10 patent assignees





# Como a União Européia está atuando

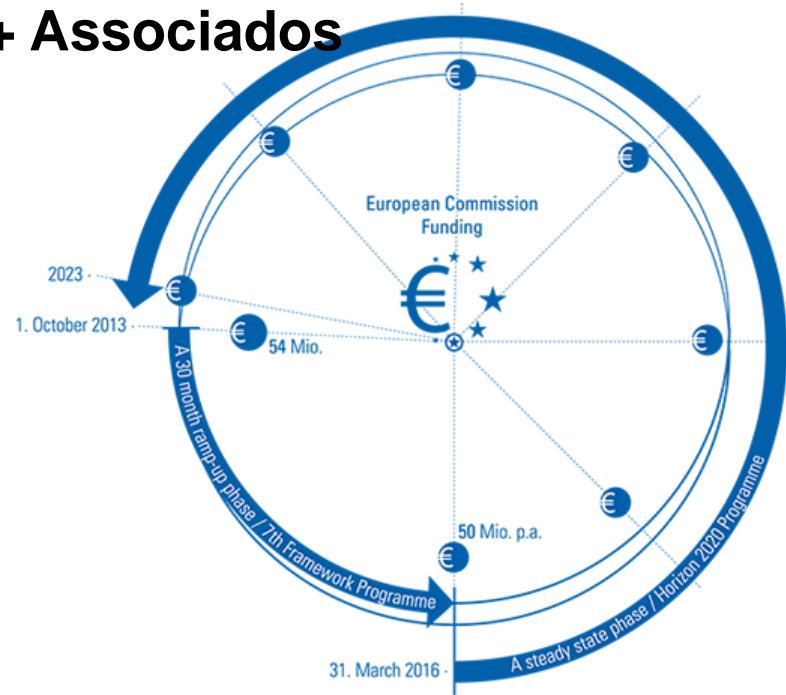


**Budget 1Bi de Euros !**

**23 países**

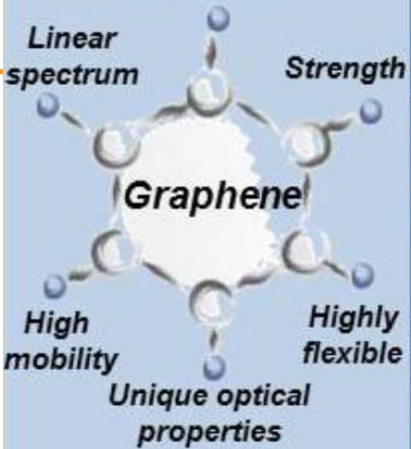
**150 Centros de pesquisa ( acad+ind.)**

# 1 Bi Euro até 2023 50% European Commission 50% Parceiros+ Associados

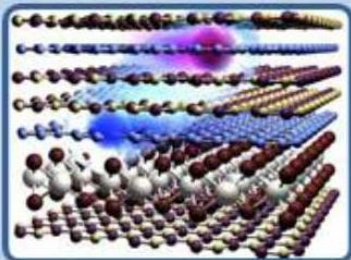


# Platform

One Atom Thin



Hybrid 2d structures



Industrial  
Academic

2013

Industrial workshare  
Academic workshare



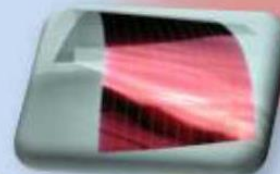
## Components

- Transistors
- Spin valves
- Flexible displays
- RF tags
- Ultra-light batteries
- Solar cells
- Ultrafast lasers
- Composite materials
- Prostheses
- Sensors
- ...

## Production techniques

- Large scale synthesis
- On demand growth
- Nanoribbons
- Growth on flexible substrates
- Inks
- Interfaces
- Doping
- Superstructures
- Toxicology
- ...

2016



## System Integration

- Flexible electronic
- Superfast optical communication
- Ultrafast low-power electronics
- Self-powered devices
- Automotive
- ...

Industrial workshare  
Academic workshare

2023

# Vision beyond 2023

## ICT

- Faster
- Cheaper
- Flexible

## Energy storage and conversion

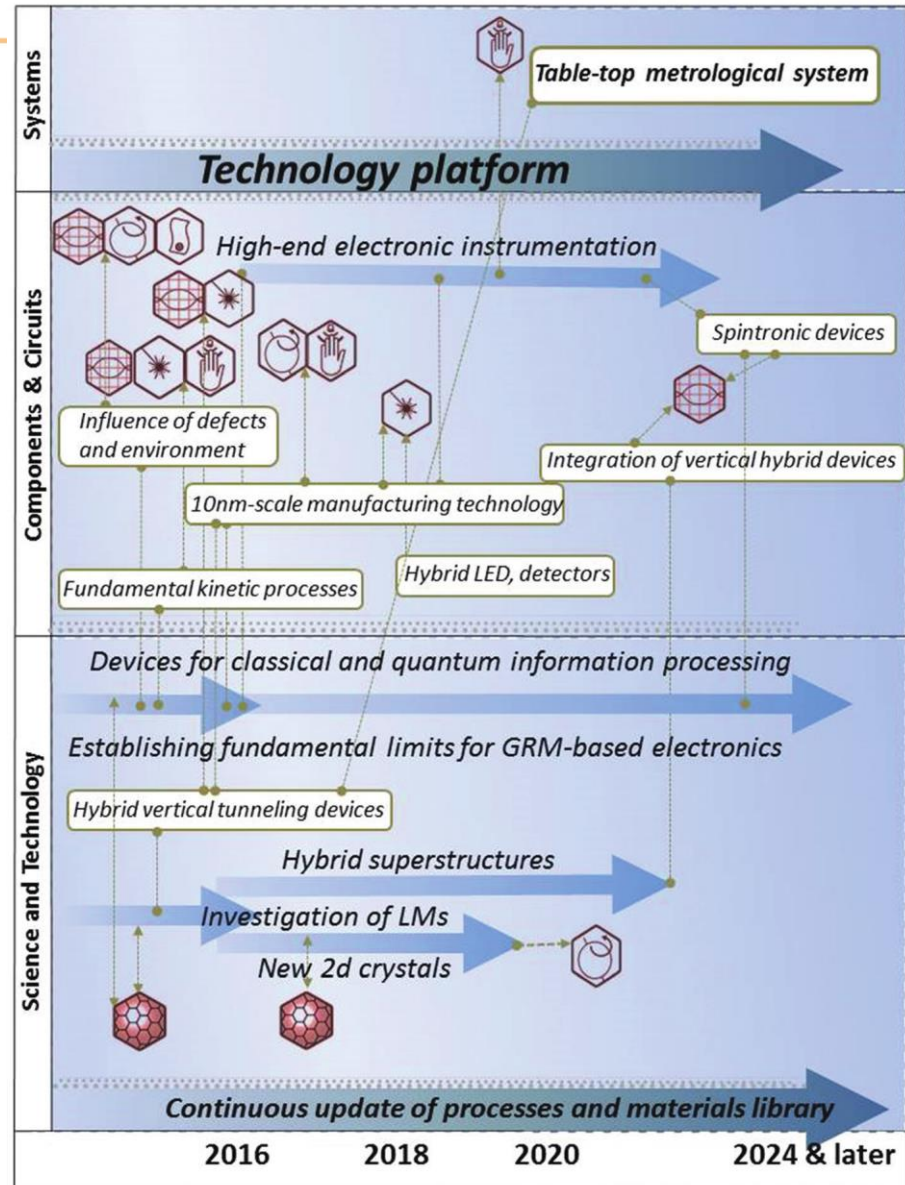
- Efficient
- Cost effective
- Renewable
- Sustainable

## Health

- Cost effective
- Bio compatible

- Societal benefits
- Jobs
- Education

-  **Fundamental research**
-  **Health and environment**
-  **Production**
-  **Electronic devices**
-  **Spintronics**
-  **Photonics and Optoelectronics**
-  **Sensors**
-  **Flexible electronics**
-  **Energy storage and generation**
-  **Composites**
-  **Biomedical applications**



# Nano materiais de carbono com potenciais substituído de metais escassos

Sb(0.3ppm)  
In(0.05)  
Ga(20)  
Co(20)  
Be(2)  
Cr(100)  
Ta(1)  
Sn(2)  
Ge(1)  
Pt(0.0004)  
Au(0.003)  
W (1)  
Nb(20)

**Periodic Table of the Elements**

1 IA 1A																	18 VIIIA 8A
1 H Hydrogen 1.008	2 IIA 2A											13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	2 He Helium 4.003
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012											5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 VIII 8	9 VIII 8	10 VIII 8	11 IB 1B	12 IIB 2B	13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.086	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.066	17 Cl Chlorine 35.453	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titanium 47.88	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chromium 51.996	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.933	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.39	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.61	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.972	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 84.80
37 Rb Rubidium 84.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdenum 95.96	43 Tc Technetium 98.907	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 101.06	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.760	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.904	54 Xe Xenon 131.29
55 Cs Cesium 132.905	56 Ba Barium 137.327	57-71 Lanthanide Series	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.948	74 W Tungsten 183.85	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.08	79 Au Gold 196.967	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [209]	85 At Astatine [209]	86 Rn Radon [222]
87 Fr Francium [223]	88 Ra Radium [226]	89-103 Actinide Series	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [265]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [289]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [285]	113 Uut Ununtrium [288]	114 Fl Flerovium [289]	115 Uup Ununpentium [288]	116 Lv Livermorium [293]	117 Uus Ununseptium [294]	118 Uuo Ununoctium [294]
		57 La Lanthanum 138.906	58 Ce Cerium 140.12	59 Pr Praseodymium 140.908	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium [144.913]	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.966	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967	
		89 Ac Actinium [227.028]	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Americium [243.061]	96 Cm Curium [247.070]	97 Bk Berkelium [247.070]	98 Cf Californium [251.080]	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium [257.095]	101 Md Mendelevium [261]	102 No Nobelium [262]	103 Lr Lawrencium [262]	
		Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Basic Metal	Semimetal	Nonmetal	Halogen	Noble Gas	Lanthanide	Actinide						

© 2014 Todd Helmenstine  
sciencetoolbox.org





# Os parentes do grafeno

MATERIALS SCIENCE

# Silicene makes its transistor debut

*Creation of electronic device using atom-thin silicon sheets could boost work on other flat materials.*

MATERIALS SCIENCE

# Stanene makes its debut

*Graphene's tin cousin may conduct without heat loss.* Nature feb./05/2015

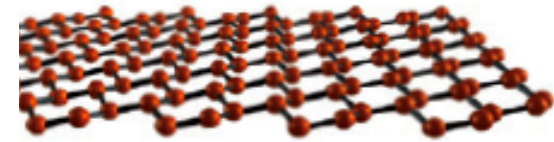
## Stability and Exfoliation of Germanane: A Germanium Graphane Analogue

Elisabeth Bianco,<sup>†</sup> Sheneve Butler,<sup>†</sup> Shishi Jiang,<sup>†</sup> Oscar D. Restrepo,<sup>‡</sup> Wolfgang Windl,<sup>‡</sup> and Joshua E. Goldberger<sup>†,\*</sup>

VOL. 7 ■ NO. 5 ■ 4414-4421 ■ 2013 ACS NANO

# THE RISE OF SILICENE

Carbon-based cousin graphene drew more attention, but silicene is catching up.



First calculation of the structure of two-dimensional crystals of silicene (pictured) and of germanium.

Periodic Table of the Elements

Andre Geim and Konstantin Novoselov report is... papers

**2010** Geim and Novoselov bag Nobel Prize in Physics for their experiments on graphene.

**2012** Six independent reports of silicene sheets (formed on silver).

**2015** First demonstration of silicene transistor.

## news & views

TWO-DIMENSIONAL CRYSTALS

# Phosphorus joins the family

Transistor devices can be fabricated from exfoliated layers of black phosphorus.



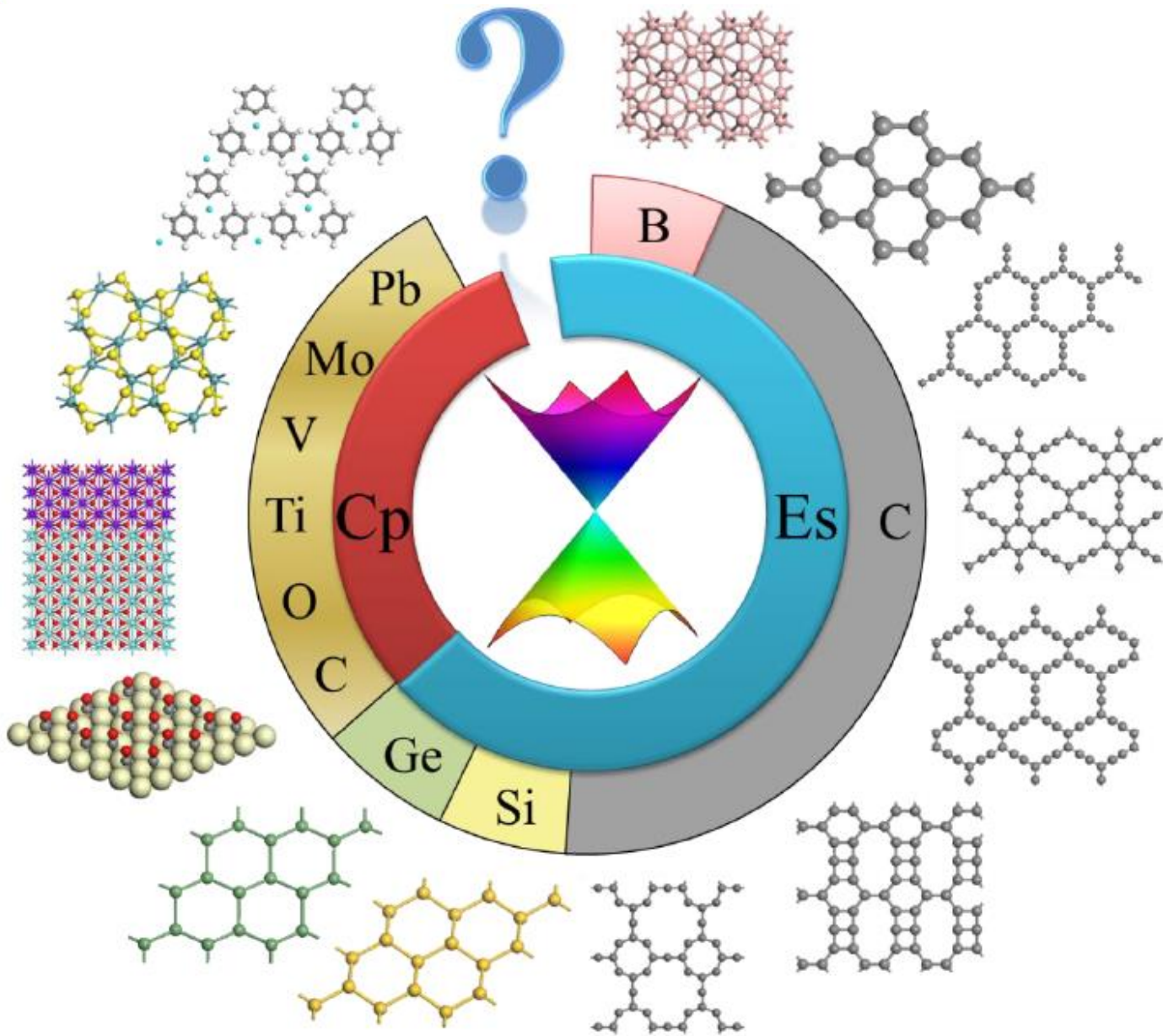
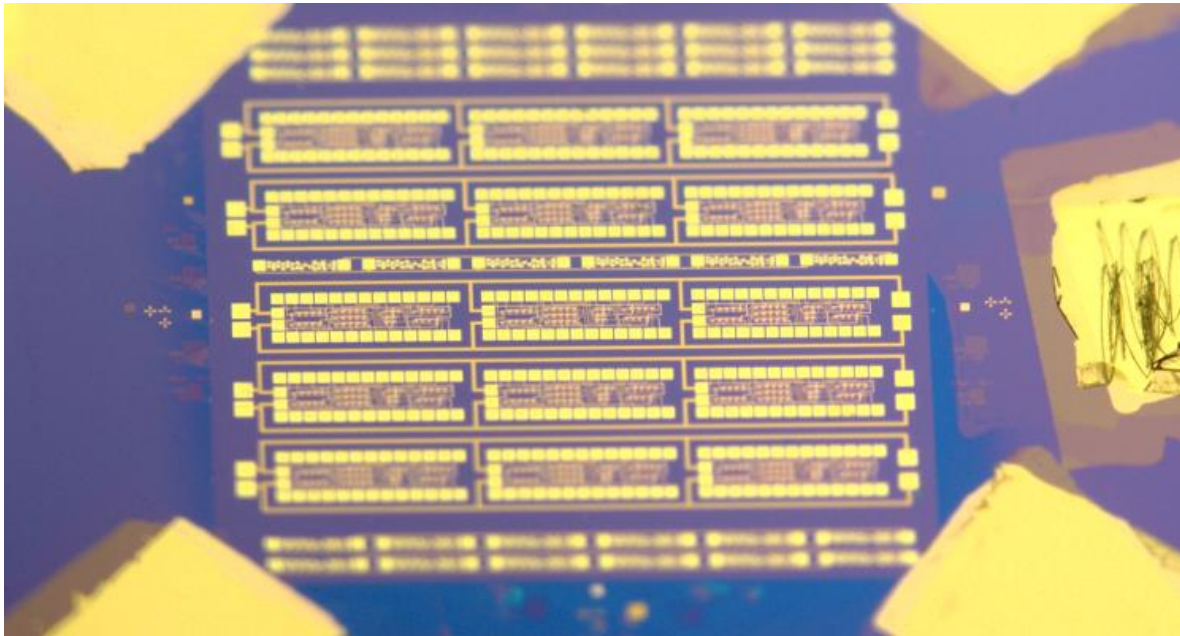


Figure 1. 2D materials with Dirac cones, which contain various elementary substances (Es) and

# Exemplo

**TU –Austria fabricaram o primeiro processador baseado em materiais GRM.**

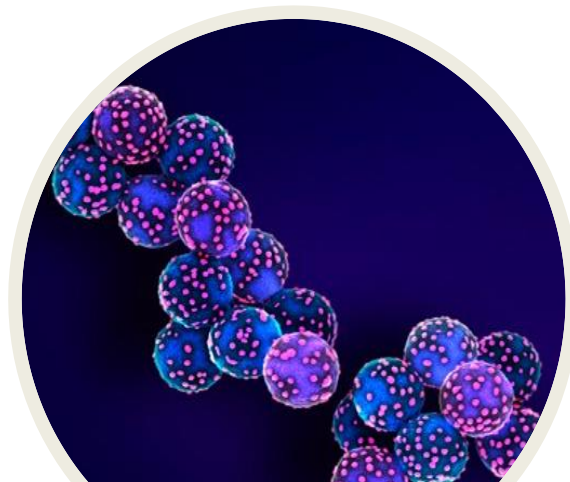
**MoS2 1bit-logic operation ...escalável**



Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação



**Redes de Nano**



**Nanotecnologia**

**CIN**

Comitê Interministerial de Nanotecnologia

**CCNANOMAT**

Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Materiais Avançados





LN  
Labora  
de Nar



# SisNANO

Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias



LNNANO



Universidade Federal do ABC



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ



UNICAMP



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ



# Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias – SisNANO

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

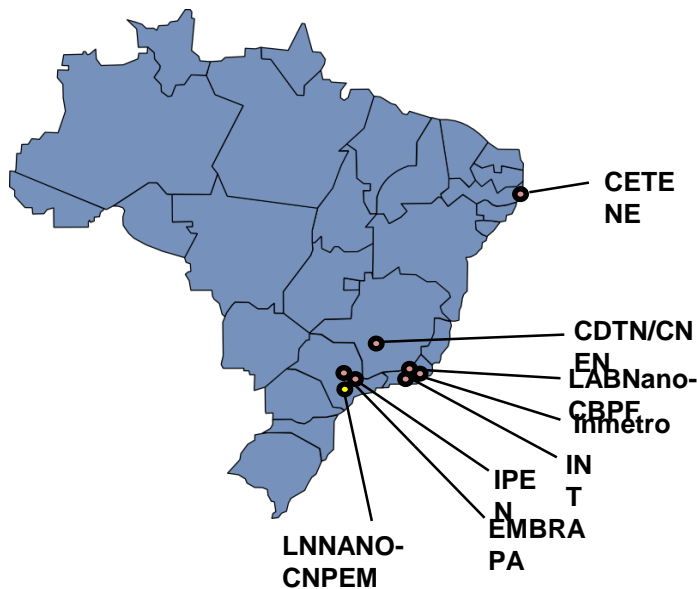


Portaria nº 245, de 5 de abril de 2012

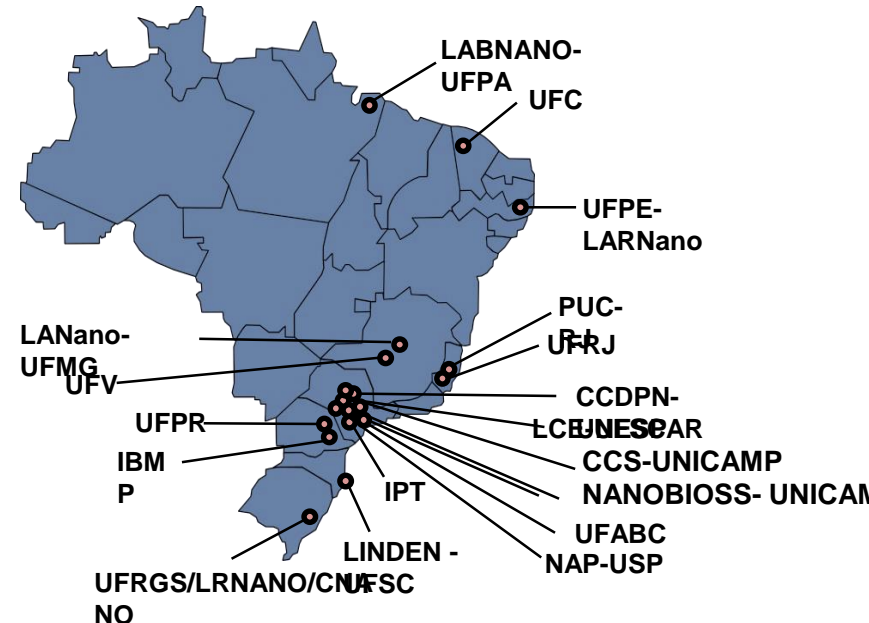
Objetivos

- Expansão e Consolidação da Infraestrutura
- Suporte para o desenvolvimento Industrial
- Suporte para as Cooperações Internacionais
- Formação de Recursos Humanos
- Disseminação da Nano para a Sociedade
- **Acreditação Laboratórios (BPL / ISO 17025)**

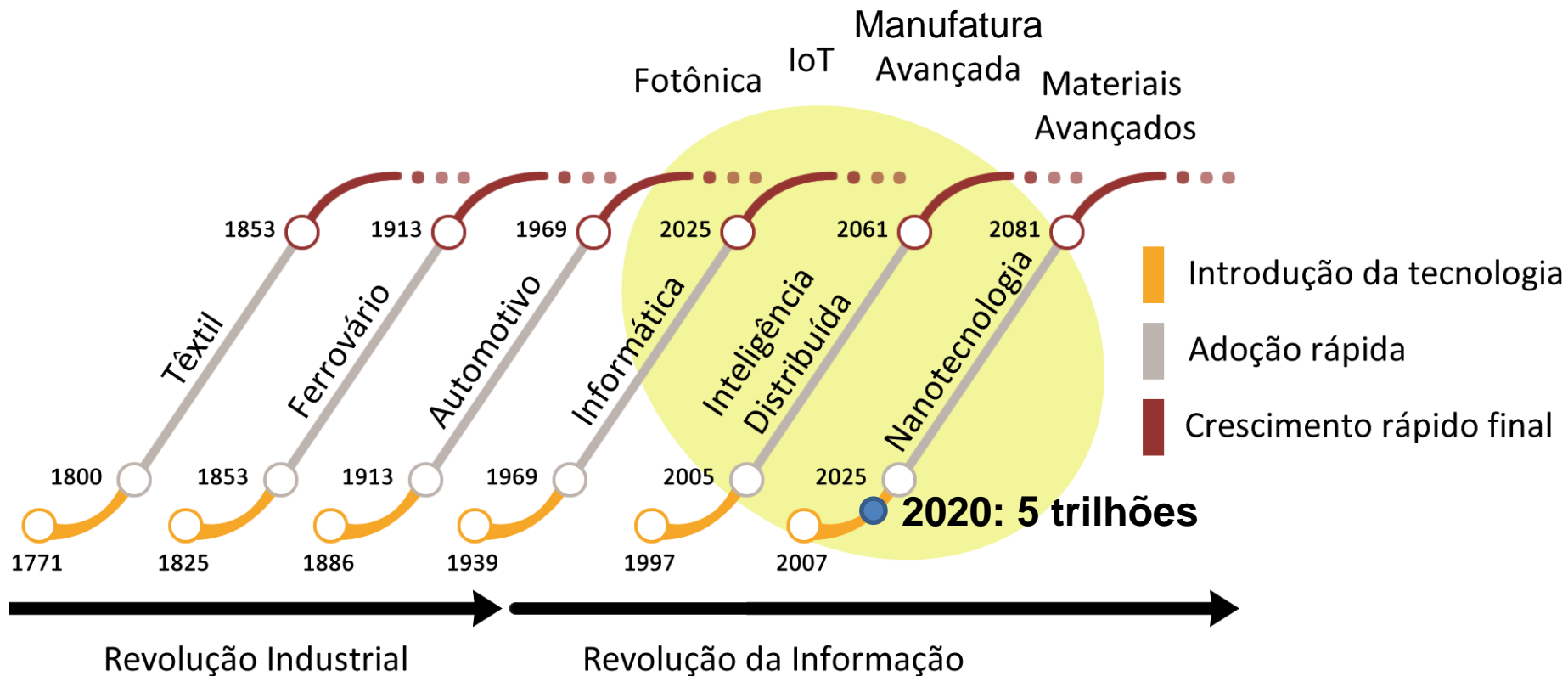
## Labs Estratégicos (8)



## Labs Associados (18)



# Motivação



# Motivação

Fotônica IoT Manufatura  
Avançada Materiais  
Avançados

## Situação Atual

**6.926 mil produtos, 1.358 empresas, 52 p**



# Motivação

Fotônica IoT Manufatura  
Avançada Materiais  
Avançados

## Situação Atual

6.926 mil produtos 1.358 empresas 52 p

**Grafeno**

**Pontos Quânticos**

**1 kg = US\$ 15 mil**

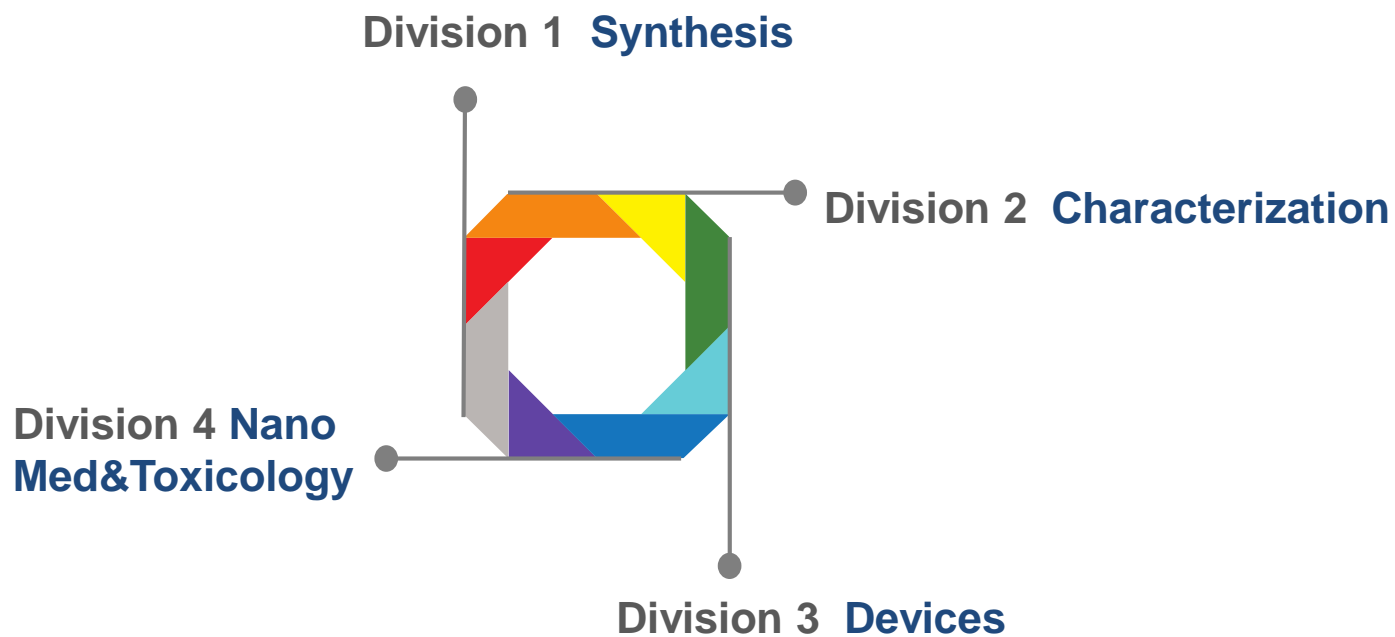
**2022: US\$ 14,2 trilhões**

Revolução Industrial

Revolução da Informação



## 350 USUÁRIOS EXTERNO/ANO

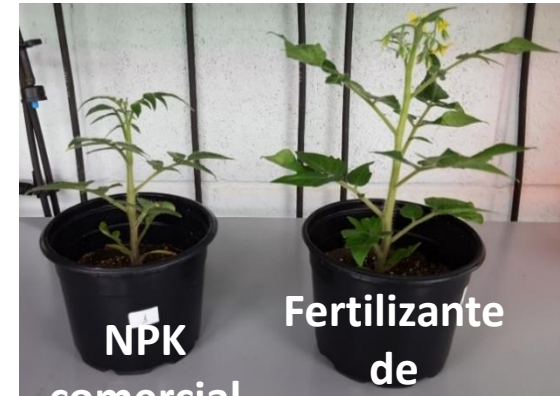


## Fertilizantes baseados em biocarvões nanoestruturados



Planta Piloto para Desenvolvimento de Processos (PPDP/CTBE)

Processamento de bagaço em celulose e lignina para materiais de partida para os carbonos nanoestruturados.



Patente em fase final de redação

Carvões ativos nanoestruturados de bagaço de cana

Avaliação de viabilidade econômica e ambiental.



# Materiais nanoestruturados de carbono a partir de biomassa



**Descontaminação de água/ar**



**Aditivos de polímeros**



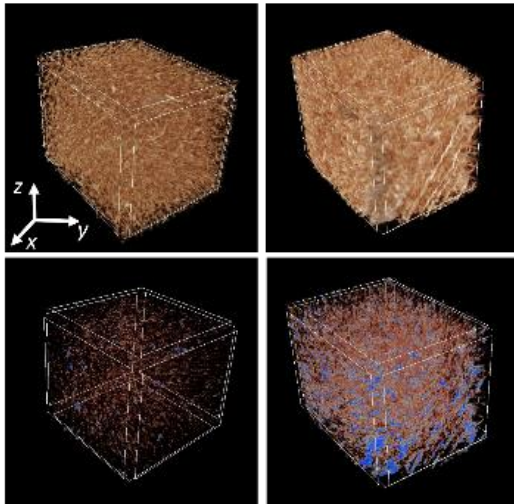
**Condicionadores de solo**



**Sensores e dispositivos**

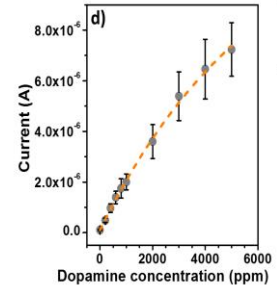
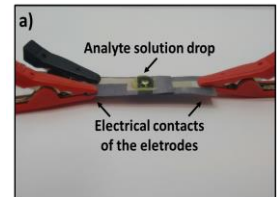
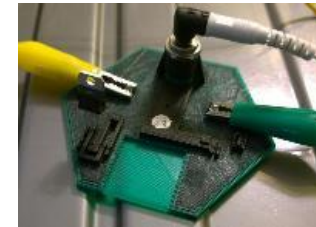
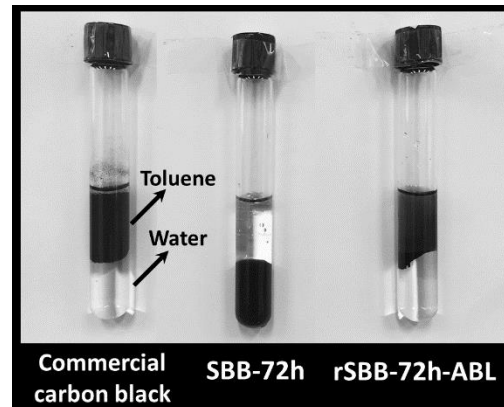


**Redutores de atrito**



**Aerogéis compósitos nanocelulose/carvões ativos para descontaminação de ar**

**Modificações em bionegros de fumo para aditivação de termoplásticos e borrachas**



**Dispositivos construídos via impressão 3D de nanocompósitos de PLA/bionegros de fumo**

## Nanotoxicologia and Nanosseguurança

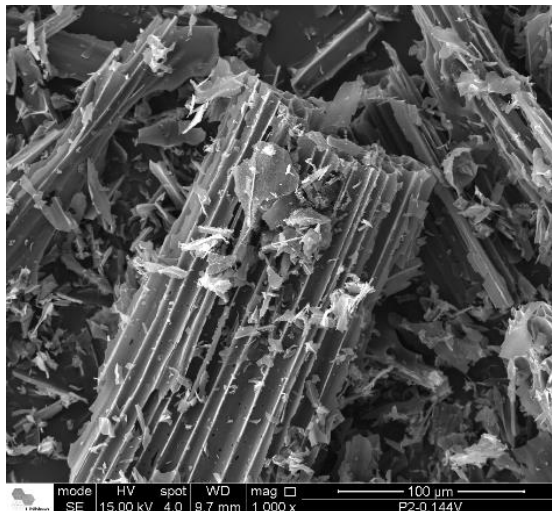
**Projeto Biosafety – Avaliação da toxicidade do carvão ativo nanoestruturado: caracterização avançada da nanobiointerface e impactos da interação com poluentes ambientais**



Dr. Diego S. T. Martinez – Coordenador (LNNano)  
Dr. Mathias Strauss (LNNano)  
Dr. Carlos A. Perez (LNLS)

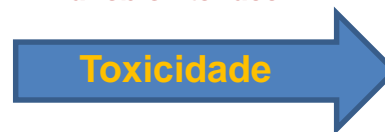


Prof. Guangjun Nie - Coordenador (NCNST-Beijing)  
Profa. Chunying Chen (NCNST-Beijing)  
Dra. Lili Zhang (SSRF-Shanghai)

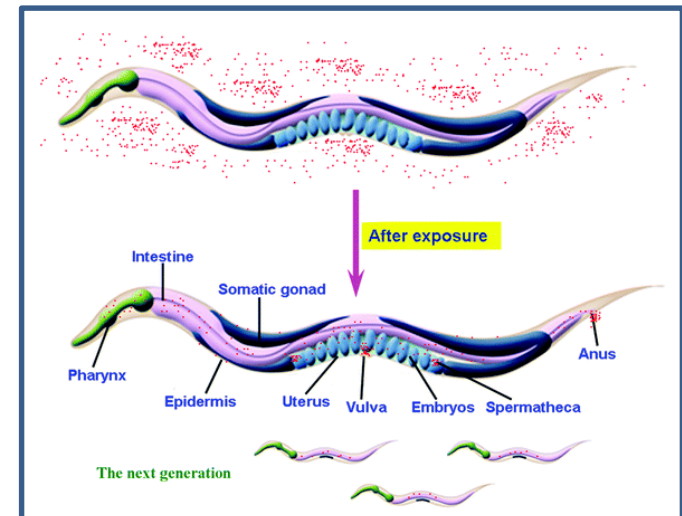


**Carvão ativo nanoestruturado de bagaço produzido no LNNano**

*Funcionalização  
Caracterização  
Nanobiointerface*



*Interação com  
poluentes ambientais*



***C. elegans: um modelo emergente em nanotoxicologia***

## PERFIL DA TECNOLOGIA:

Processo de obtenção de filmes compósitos transparentes a base de óxido de grafeno e acetato de celulose

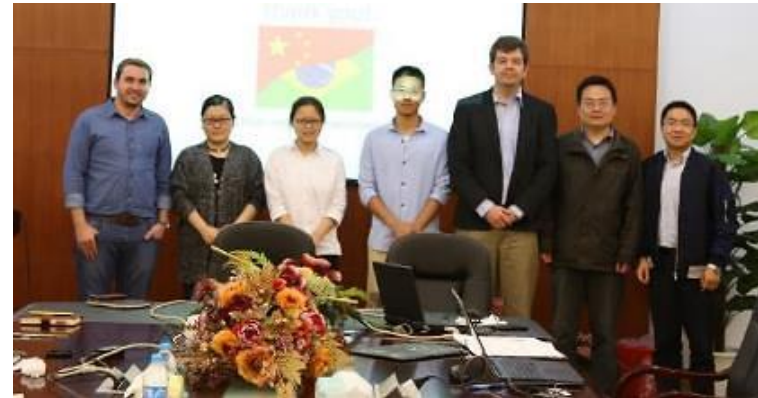
## Filmes transparentes com proteção contra a radiação ultravioleta (UV)

Conheça o novo filme compósito transparente com propriedades de revestimento e capacidade de bloquear a radiação ultravioleta sem bloquear a luz visível



UNICAMP  
NANOTECNOLOGIA

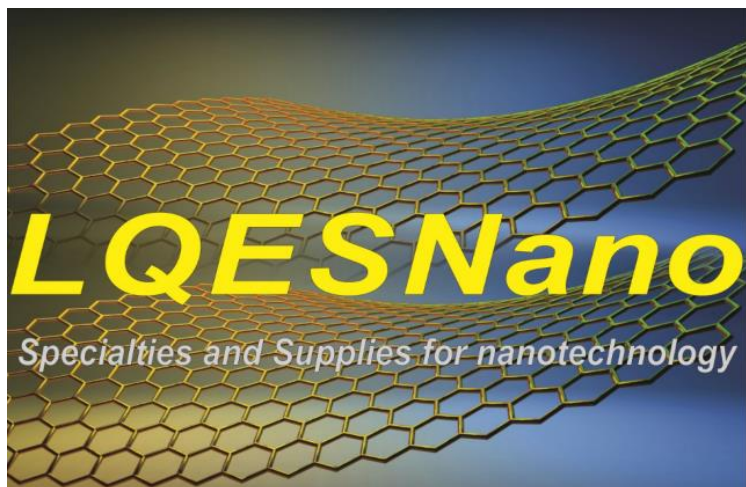
## Descontaminação de efluentes utilizando carvões ativos nanoestruturados de biomassa



- Preparação dos carvões ativos e materiais neles baseados
- Caracterização avançada.
- Testes preliminares de performance e toxicidade.
- Escalonamento (~ kg/dia) e viabilidade econômica.



- Descontaminação de ar.
- Produtos para descontaminação de água.
- Testes de descontaminação de água.



OBRIGADO !