

Aula 4

A formação da Ciência moderna

Glauco Arbix

Depto de Sociologia – USP

Pós– 2º sem. 2018



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



50 ANOS





Manhattan Project

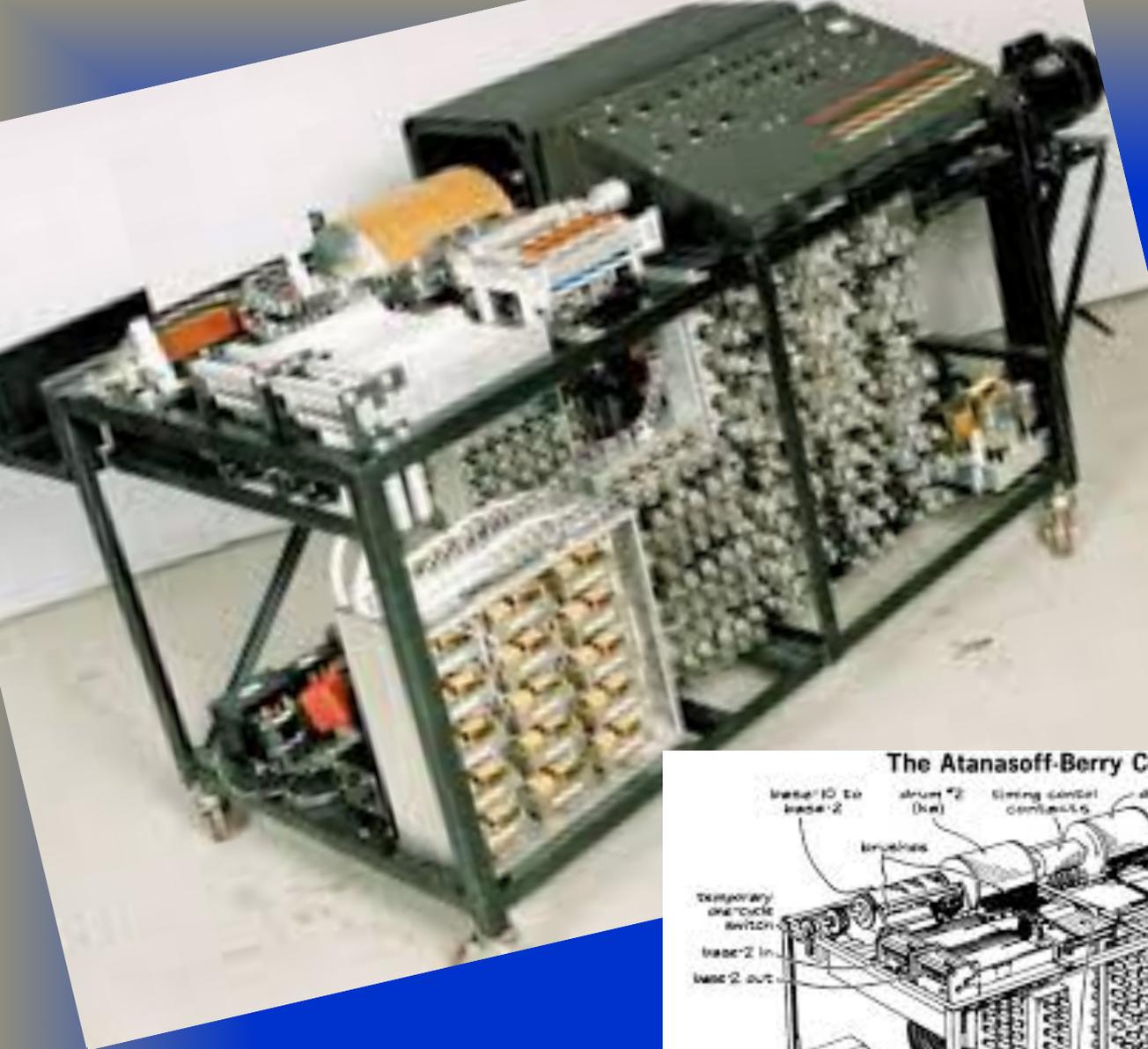




Inventando Explosões

Norman Poire: *Technology's Impact on the Economy*, 2011

- Ao pesquisar trajetórias tecnológicas desde a revolução industrial, Poire identificou padrões industriais dominantes
- 1440-1939: com Gutenberg, Galileu e James Watt, um dos períodos mais dinâmicos da história
- Em 1939, uma revolução teve início: John Attanasoff e seu aluno, Clifford Berry, criaram o primeiro computador da história.
- Com US\$ 650 da Iowa State College, fizeram o ABC (Attanasoff + Clifford + Computer)



JOHN ATANASOFF

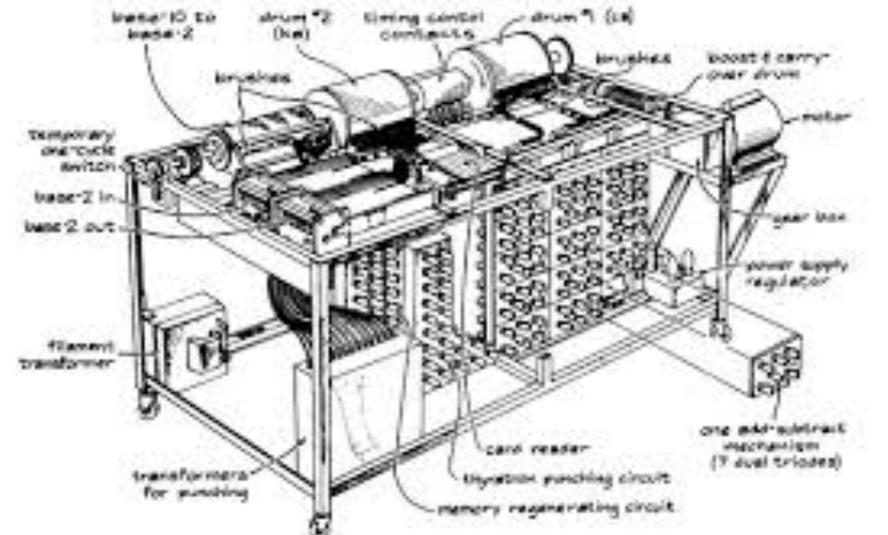


THE FATHER OF THE COMPUTER

THESE DAYS IN
COURT HE IS KNOWN BY THE NAME JOHN



The Atanasoff-Berry Computer



**Vannevar Bush:
1890-1974**



- Como difundir e ampliar o conhecimento científico gerado durante a guerra?
- Que estrutura deveria ter o sistema de produção de Ciência?
- Qual o papel do governo no desenvolvimento científico?

Science: the Endless Frontier

Mais influente *paper* sobre o modo de gerar conhecimento científico

Alicerce:

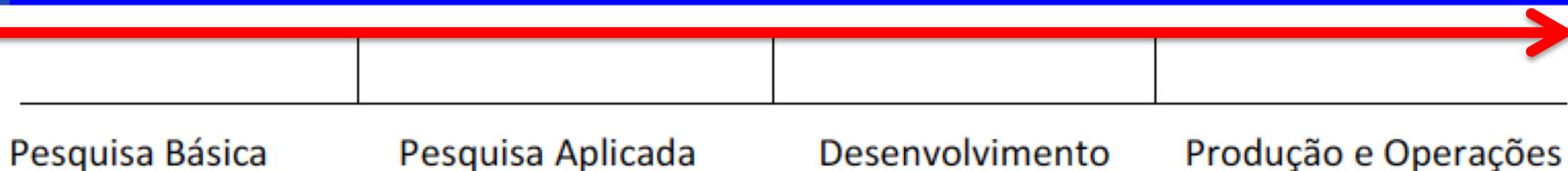
- Separação entre Ciência Básica e Aplicada
- Segregação dos agentes científicos de outros agentes inovadores
- Atribuição de 3 objetivos à Ciência: War against Disease, National Security & Public Welfare

A supremacia da Ciência, segundo Bush

- “Conhecimento novo pode ser obtido somente por meio da pesquisa científica básica”
- “A maneira mais simples e eficiente de fortalecer a pesquisa industrial é levar o Governo a apoiar a pesquisa básica e o desenvolvimento de talentos científicos”
- “De onde surgem os novos produtos? Como encontrar caminhos para produzir novos produtos com um custo menor? A resposta é clara. É necessário uma onda de conhecimento científico novo para girar as engrenagens das empresas públicas e privadas”

Novo Pacto entre Governo e Ciência

- Bush construiu um modelo linear da inovação, com base em dois pressupostos:
 1. “Basic research is performed without thought of practical ends”
 2. “Basic research is the pacemaker of technological progress”
- E consolidou um fosso entre os que trabalham nos dois extremos



Ciência e Tecnologia

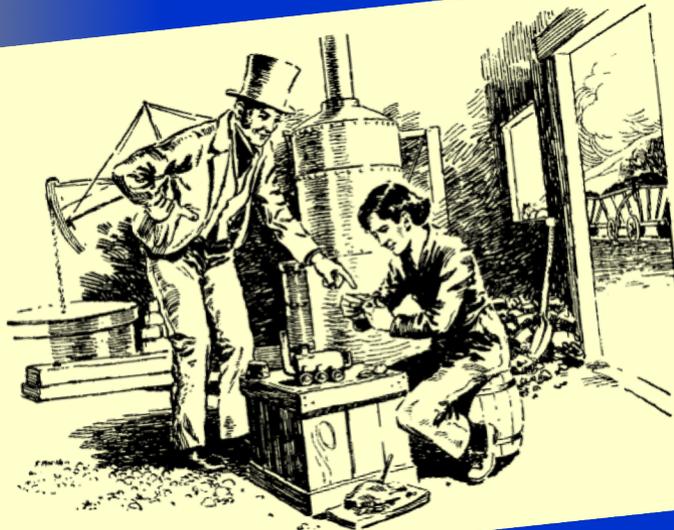
- Durante muito tempo, Tecnologia gerou Tecnologia.
- Marcas da 1a. e 2a. Revolução Industrial são o telégrafo, a locomotiva, o automóvel

Mas a visão dominante hoje é que só a Ciência básica gera Tecnologia

Problema:
as relações entre C e T são
mais complexas

Mina de Carvão era sinônimo de inferno

- **George Stephenson, mineiro de carvão em Newcastle-upon-Tyne desde os 9 anos, filho de mecânico-bombeiro, sem educação formal**
- **Stephenson usou a máquina a vapor de James Watt para amenizar o trabalho nas minas. Não tinha rodas, nem usava trilhos**



As máquinas de Stephenson nasceram da necessidade de drenar água dos túneis, descer os mineiros, bombear ar, levar alimentação e combustível para aquecimento e transportar o carvão para a superfície e depois para o mercado

**Ao combinar
tecnologias, Stephenson
criou a
primeira locomotiva**



Interações Permanentes

- Após o motor a vapor, Willard Gibbs deu forma aos avanços da termodinâmica que permitiram **explicar os *steam engines***
- Edison desenvolveu a lâmpada elétrica. E a Física e a Eletrônica do século XX foram estimuladas a desenvolver **teorias sobre o elétron**
- Aviões do Santos Dumont e dos Irmãos Wright levaram à **engenharia aeroespacial**
- O Transistor desenvolvido no Bell Labs, em 1940, orientou a expansão da **Física do Estado Sólido**
- O Laser estimulou a **optrônica**

Caminhos Cruzados

- A Ciência não tem o monopólio do conhecimento técnico
- O desenvolvimento de tecnologias é um processo permanente de (co) evolução
- Um processo que nem sempre é orientado diretamente pela Ciência, muito menos uma mera aplicação de *ses findings e insights*
- Os últimos 50 anos exibiram sequências exemplares de *Science-based Technologies* e de *Technologies-oriented Science*
- Basta olhar para as Biotecnologias, as Ciências dos Materiais, para a Nanotecnologia

C ↔ T: Uma Via de várias Mãos

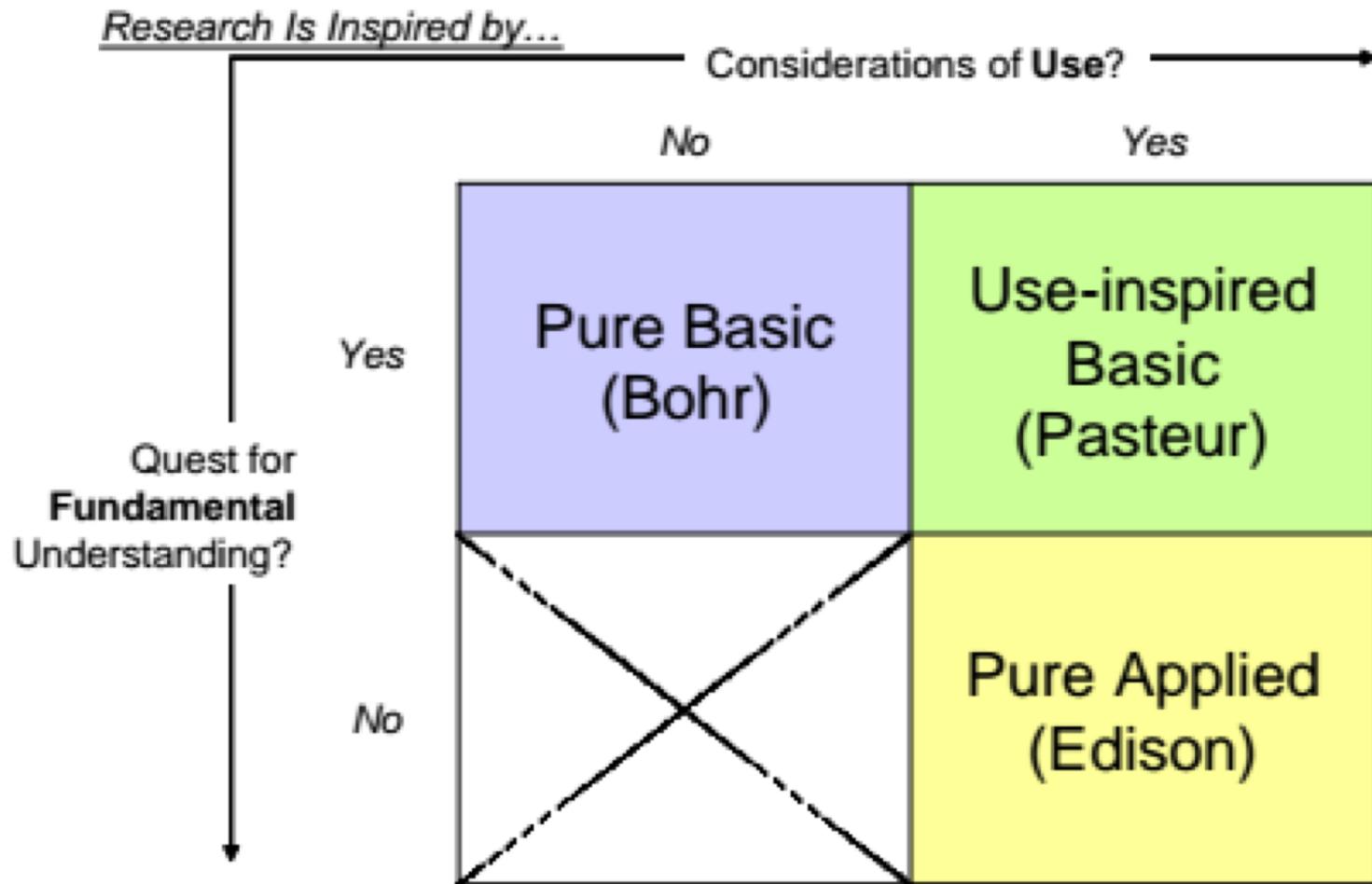
- **Relação entre Ciência e Tecnologia não é monolítica, hierárquica ou unidimensional. Nunca foi.**
- **A explosão de novas disciplinas e campos de pesquisa deixa claro que o “linear mode is dead” (Rosenberg, 1994).**
- **Mas, o modelo linear está morto apenas como variável analítica. Pois continua mais vivo do que nunca no mundo real**

Multi-interdependência

- **Thomas Edison bebeu dos avanços científicos. Mas serviu-se da economia, sociologia e de técnicas informais sobre estudar a propriedade dos materiais**
- **Tecnologia exige uma engenharia heterogênea e forte diversidade de componentes**
- **Tecnologia é resultado de processos que integram diferentes tipos de conhecimento, materiais, recursos e fontes**
- **A Ciência, como a Tecnologia, se apóia em fontes e experimentos diversos para criar seus instrumentos, e também seus modelos de conhecimento**

Matriz de Stokes para P&D

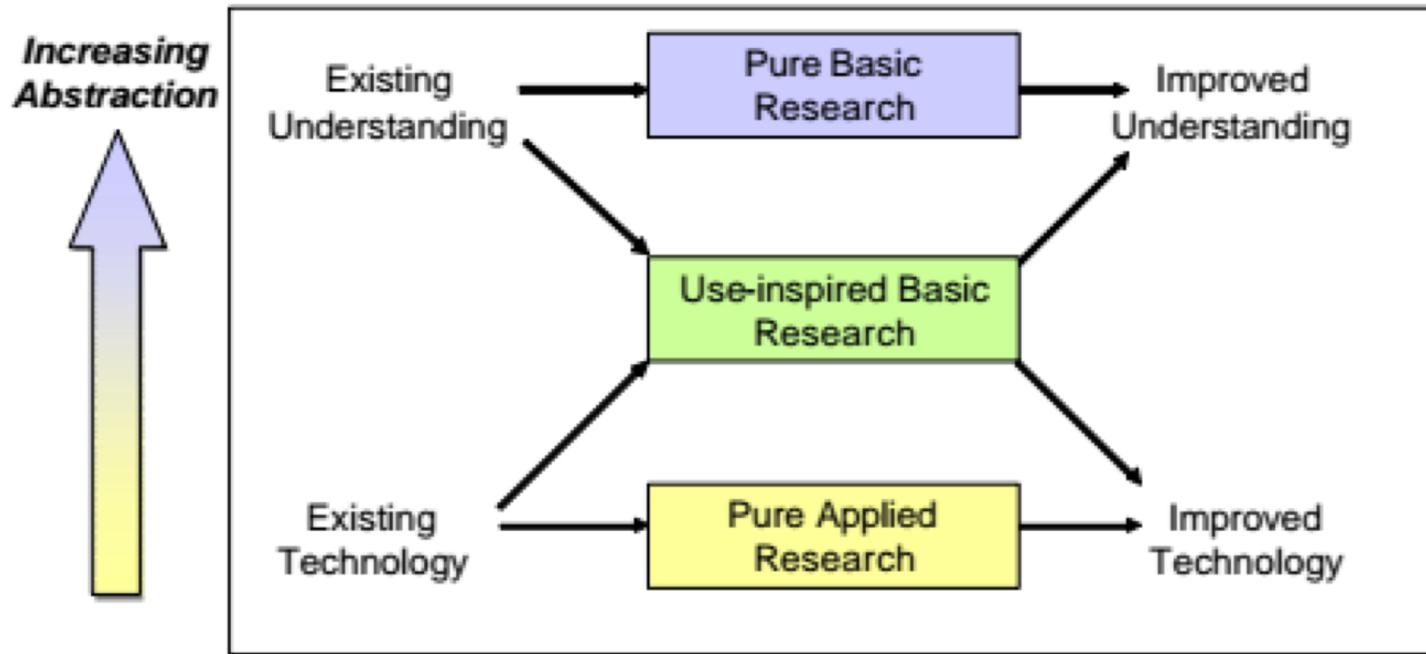
“Pasteur’s Quadrant”



Stokes, Donald E. "Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation," Brookings Institution: 1997.

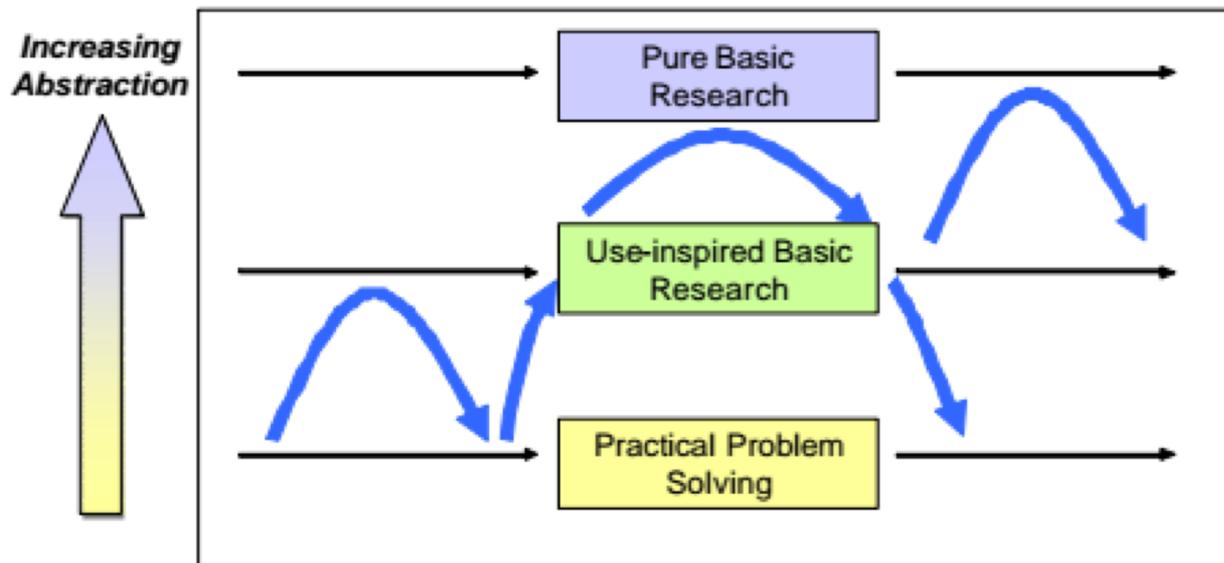
Relações entre C&T

Abstraction and Progress



À procura de novas representações

The Arc of Science

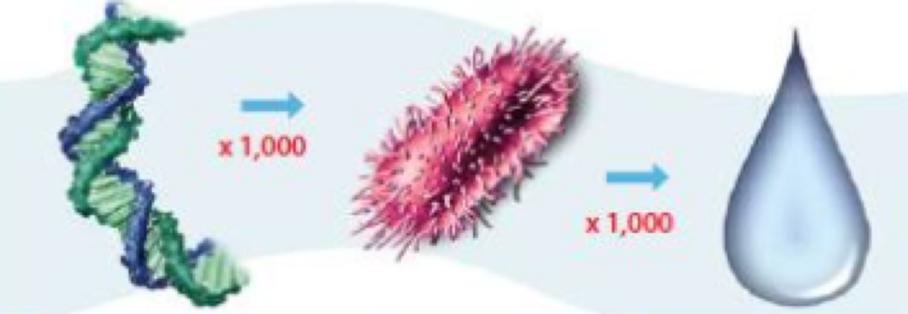


Use-Inspired basic research

**Quem guia quem na
Biotecnologia, Nanotecnologia e
Materiais Avançados?**

Novos Rumos para a Nano. Mas também para a Biotecnologia, Fotônica, Impressão em 3D

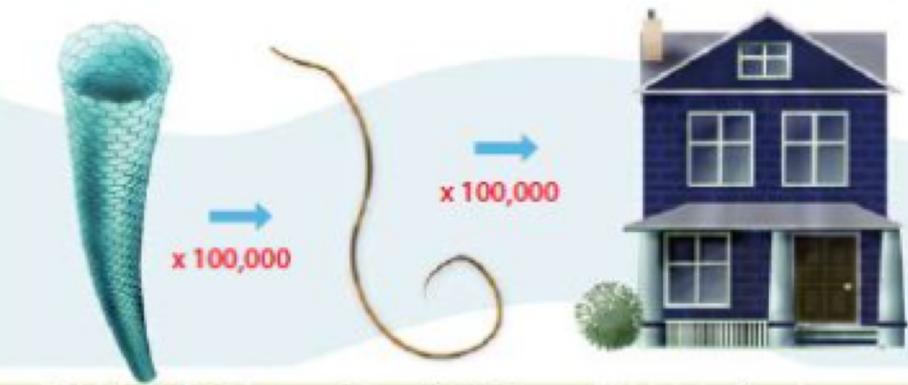




DNA
2.5 nanometers
diameter

Bacterium
2.5 micrometers
long

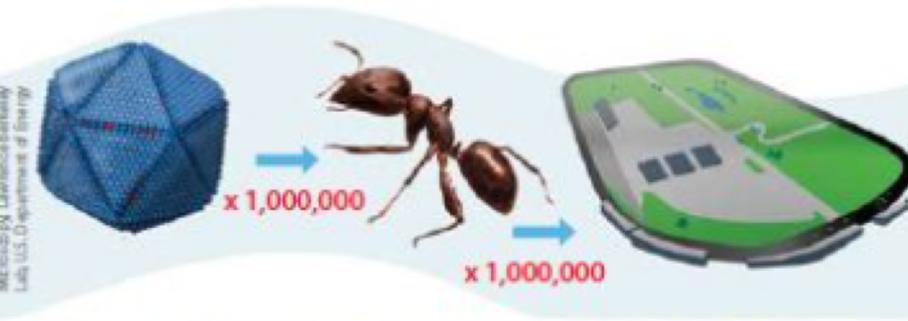
Large Raindrop
2.5 millimeters
diameter



**Single-walled
Carbon Nanotube**
1 nanometer diameter

Strand of Hair
100 micrometers
diameter

House
10 meters
wide



Nanoparticle
4 nanometers
diameter

Ant
4 millimeters
long

**Indianapolis Motor
Speedway**
4 kilometers per lap



O *scanning tunneling microscope* da IBM permitiu a mensuração, a manipulação e a compreensão básica dos sistemas nano





Tecnologias são Sínteses

- **Esferográfica:** domínio e integração de novos materiais + mecânica dos flúidos + metalurgia + química + plásticos + design + sistemas de corrosão...
- **Laser:** energia + ótica + eletricidade + materiais + luz + termodinâmica...

Toda separação entre C&T é uma ilusão

