

Nanotecnologia e Computação

Omar Paranaíba Vilela Neto

omar@dcc.ufmg.br



Parnaíba, 14 de Novembro de 2014



Sumário

- Introdução

- Nanotecnologia Computacional
- Nanocomputação
- Nano e Microrrobótica
- Conclusão

Sumário

- **Introdução**

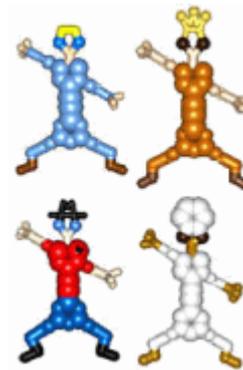
- Nanotecnologia Computacional
- Nanocomputação
- Nano e Microrobótica
- Conclusão

O que é Nano?

Apenas uma dimensão !

"Nano" é um prefixo que vem do grego antigo e significa **"anão"**

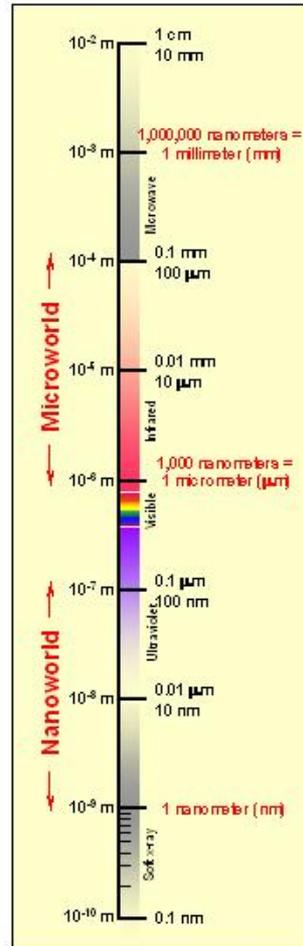
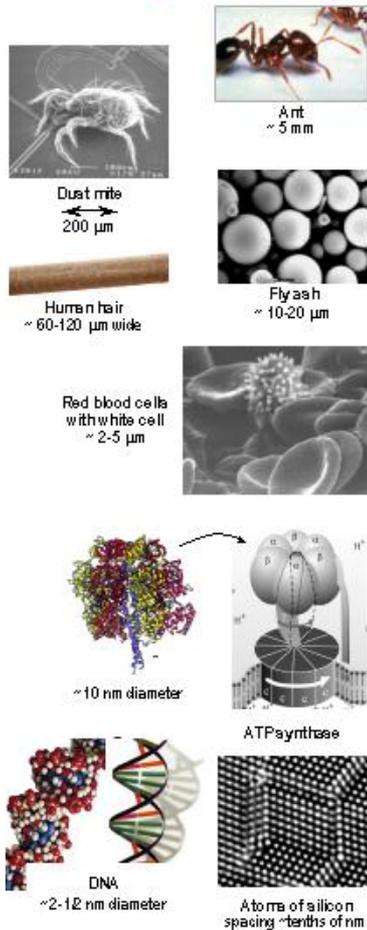
1 nanometro (nm) = 1 bilionésimo do metro, 10^{-9}m



O que é Nano?

The Scale of Things – Nanometers and More

Things Natural



Definições

- **Nanociência**: estudo dos fenômenos e da manipulação dos materiais na escala atômica, molecular e macromolecular, onde **propriedades são diferentes dos de grande escala**.
-
- **Nanotecnologia**: projeto, caracterização, produção e aplicação de estruturas, equipamentos e sistemas através do **controle da forma e do tamanho** em escala nanométrica.

A Nanotecnologia poderá **mudar a natureza** de **tudo aquilo que já foi construído pelos seres-humanos**

Por que é tão importante?

- Efeitos Quânticos predominam
- Organização Sistêmica (auto-montagem)
 - Área de Superfície
 - Densidade Espacial
 - **Novas Propriedades**

Multidisciplinaridade

"I want people who are very deep in their discipline and can talk to each other." Stan Williams, Director, Quantum Science Research, Hewlett Packard

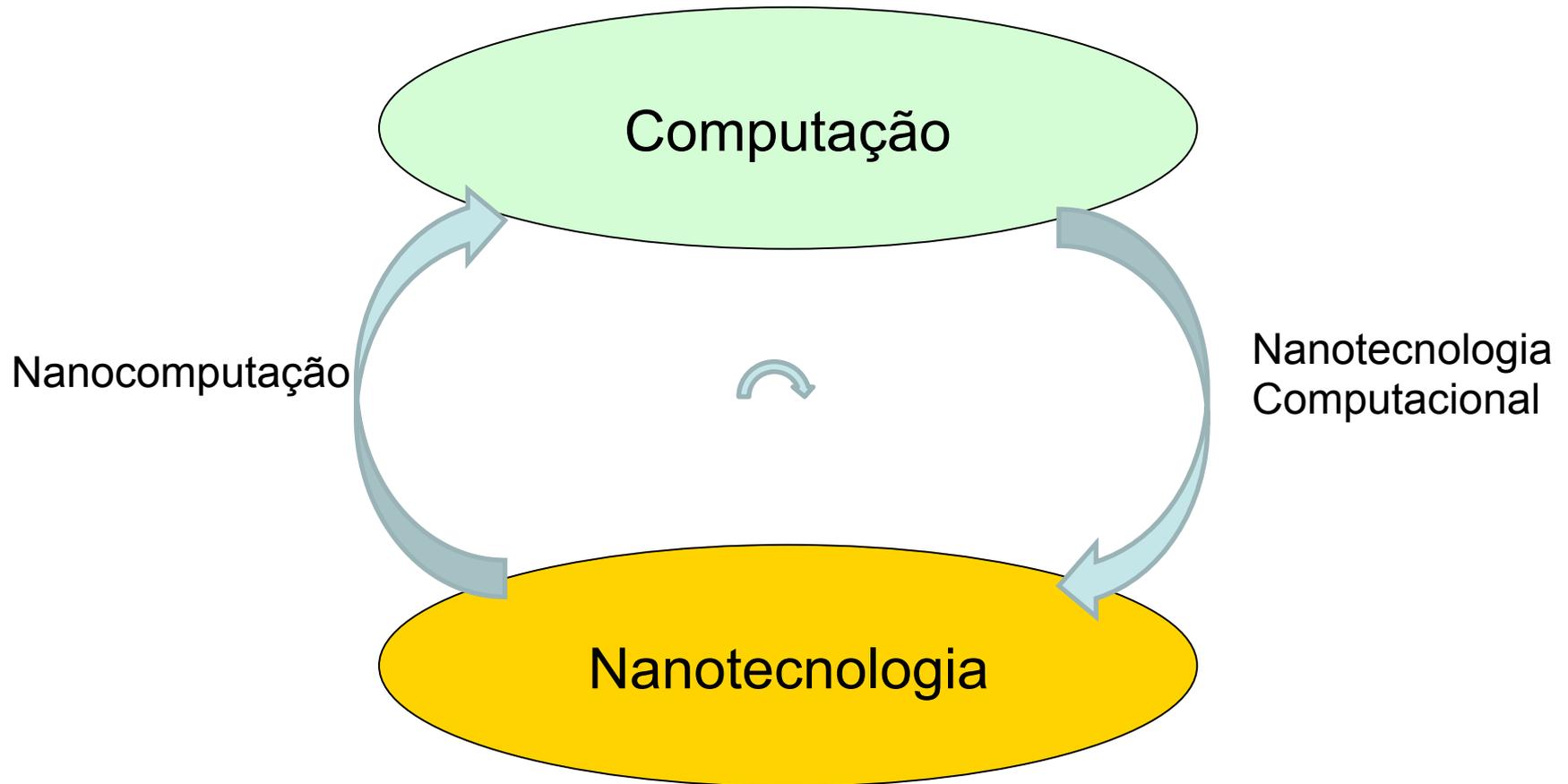


Diversos produtos no mercado



Nenhum revolucionário **ainda**

Integração entre Áreas



Sumário

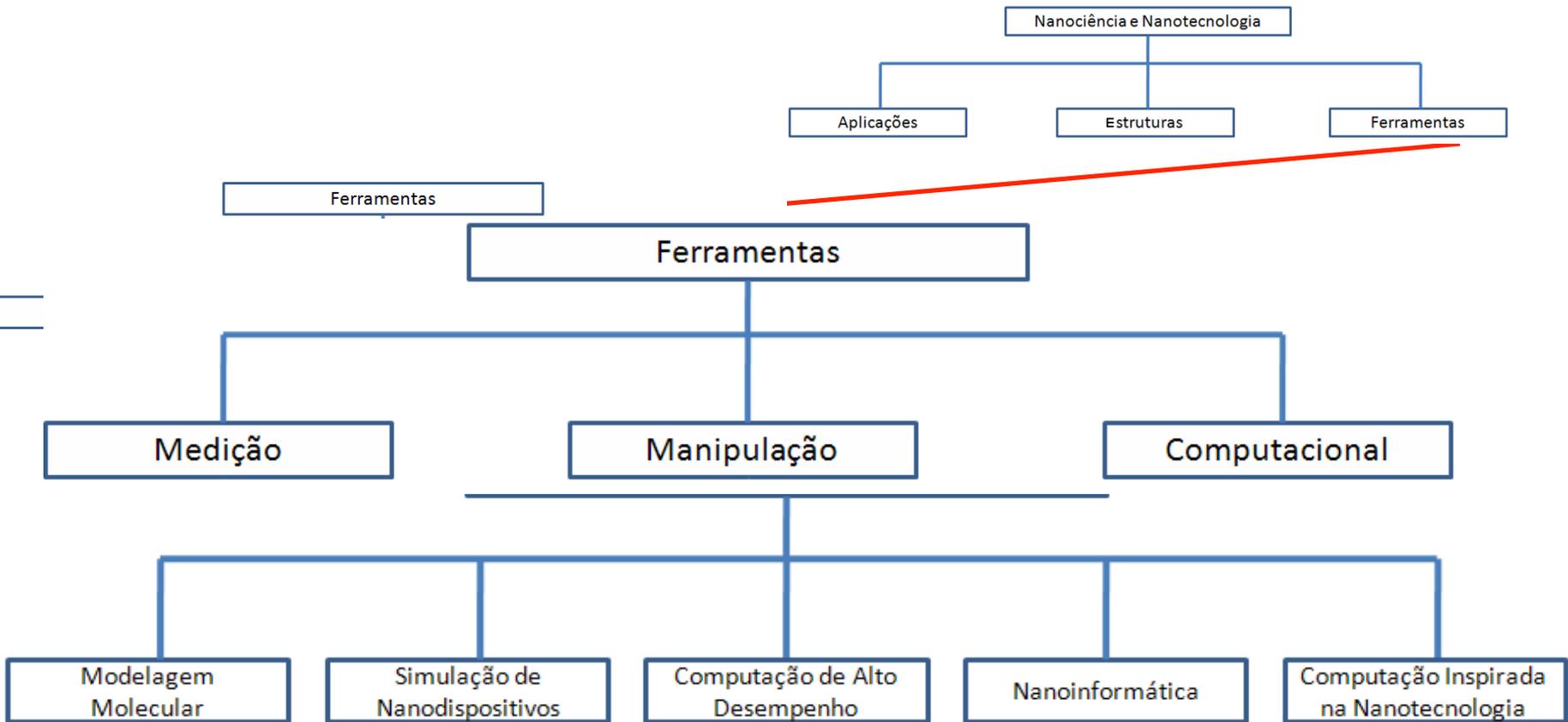
- Introdução

- Nanotecnologia Computacional
- Nanocomputação
- Nano e Microbótica
- Conclusão

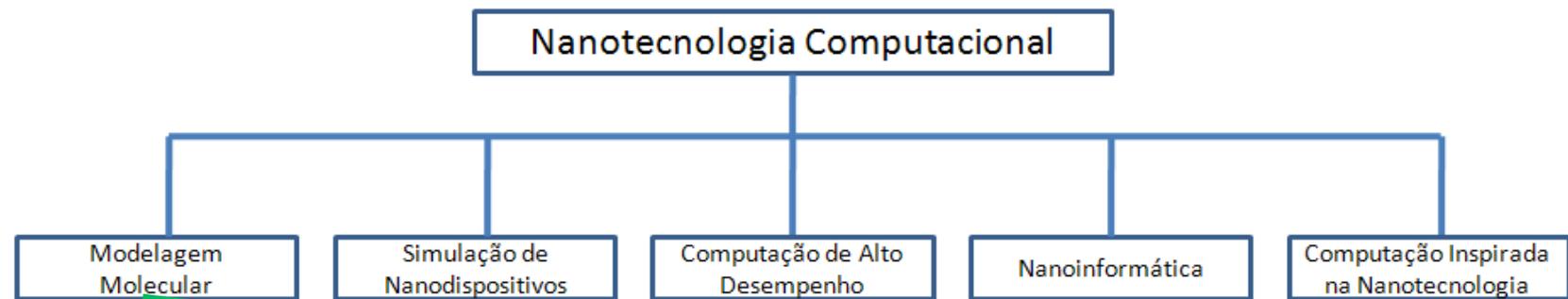
Sumário

- Introdução
- **Nanotecnologia Computacional**
- Nanocomputação
- Nano e Microrrobótica
- Conclusão

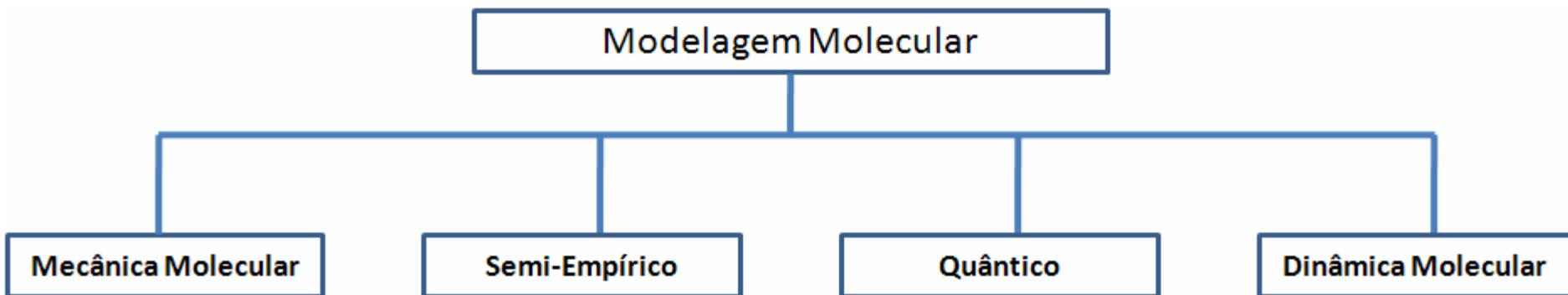
Taxonomia

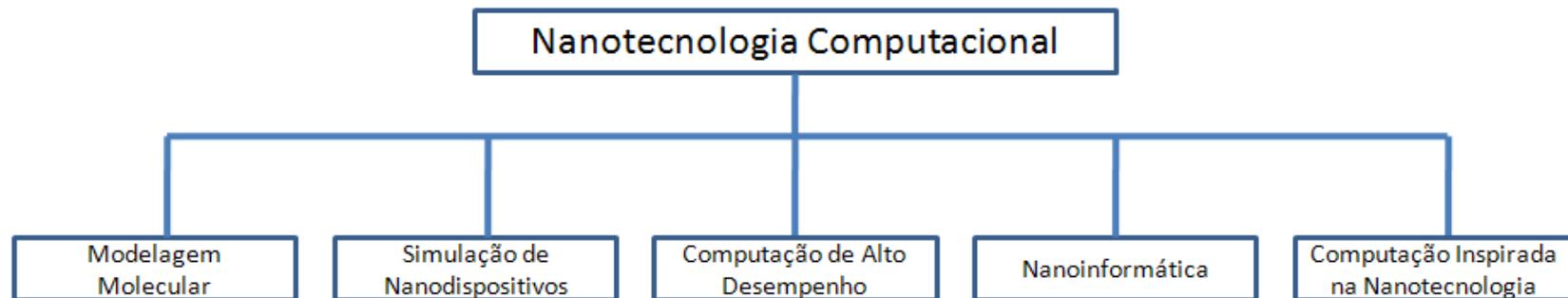


Nanotecnologia Computacional: Uso de técnicas e ferramentas computacionais no desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia.



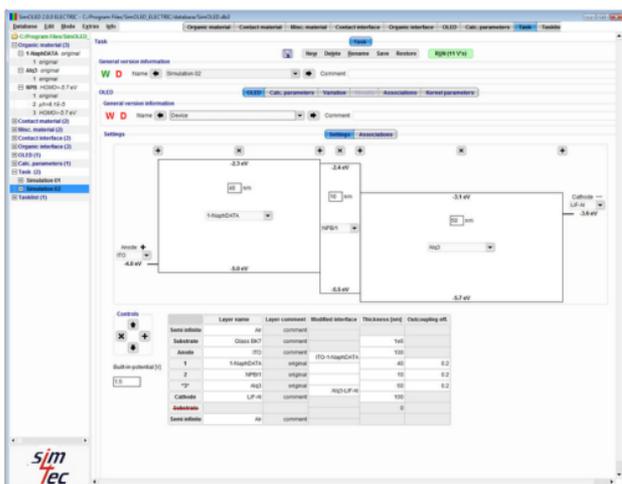
Métodos e técnicas **computacionais** para **imitar** o comportamento de **sistemas atômicos e moleculares**.



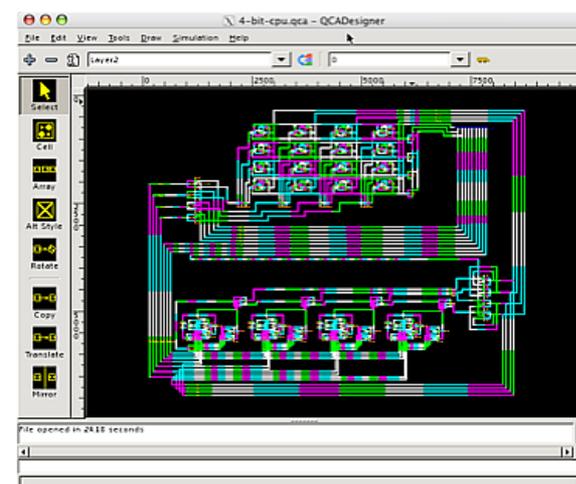


Métodos de **simulação** desenvolvidos exclusivamente para **determinadas nanoestruturas ou nanodispositivos**;

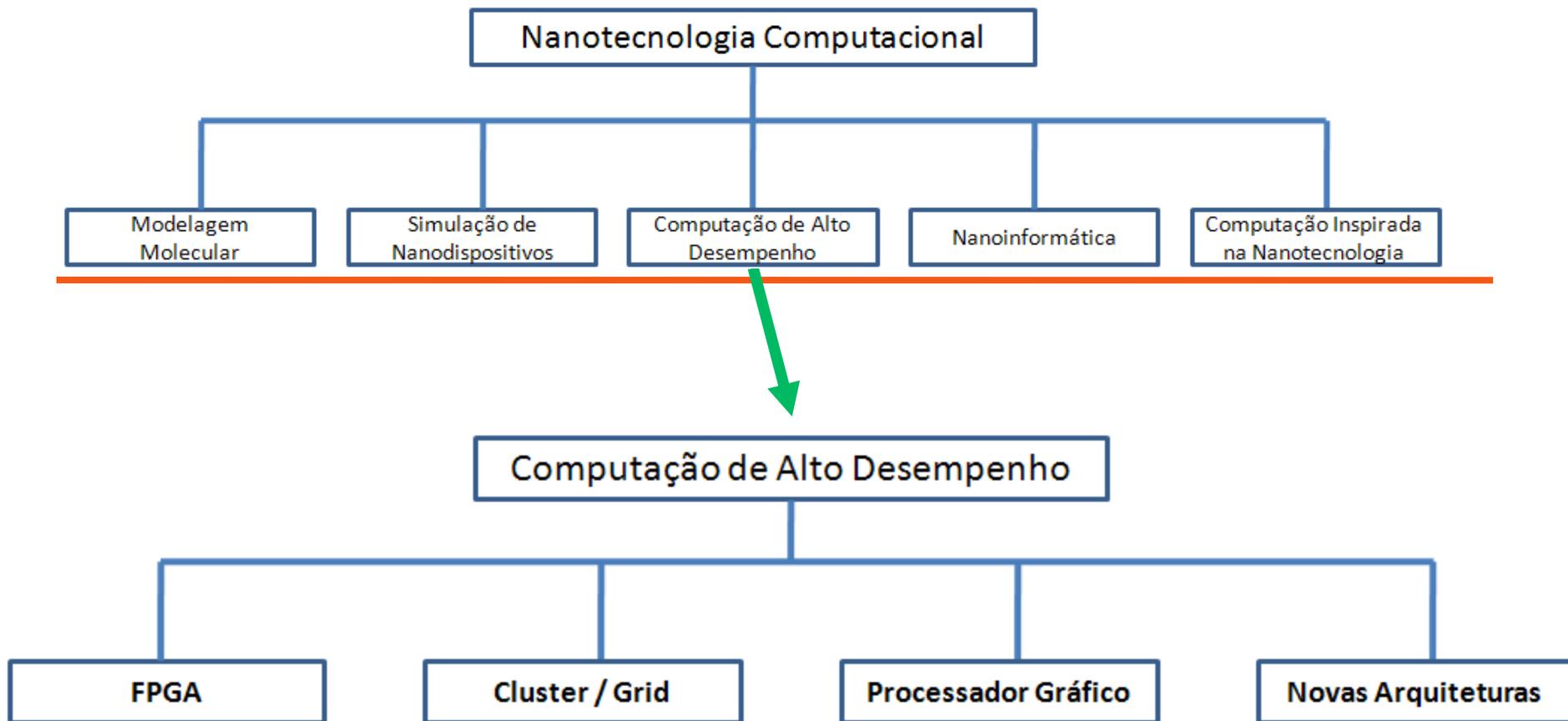
- Simuladores de OLEDs;
- Simuladores de Autômatos Celulares com Pontos Quânticos (QCA);
- Simuladores de Cristais Fotônicos;
- etc.



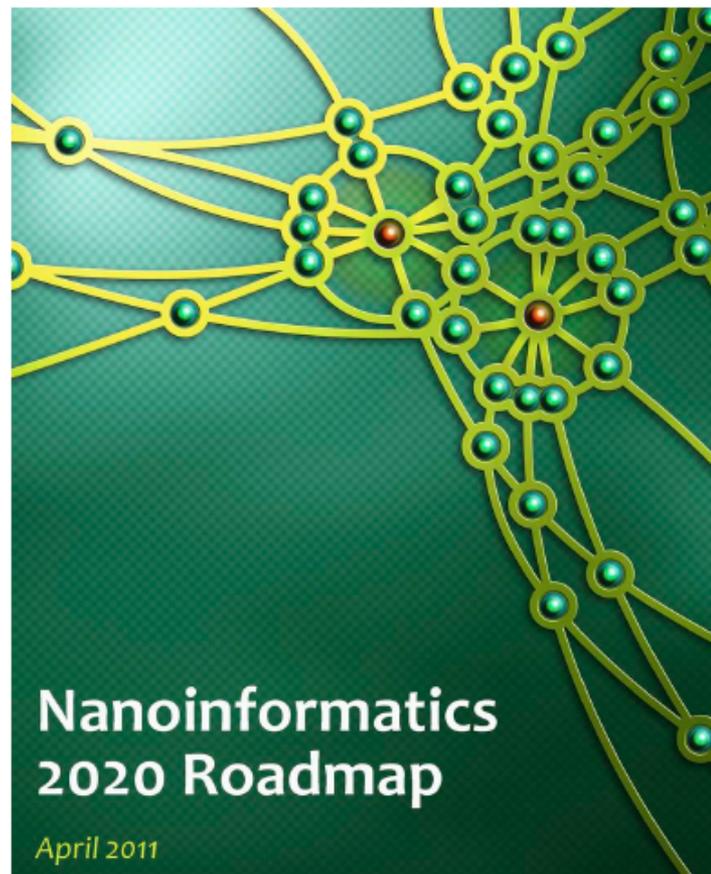
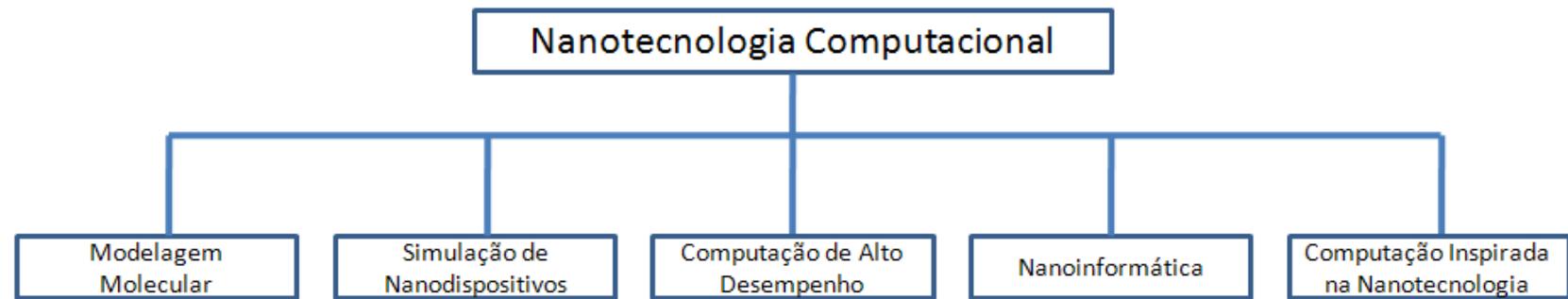
SimOLED
Simulador de LEDs
Orgânicos



QCADesigner
Simulador
Circuitos de QCA



Os cálculos de nanoestruturas são muito **caros computacionalmente**.
O uso de uma **estrutura de HPC é fundamental** para a realização das pesquisas.



Science Evolution

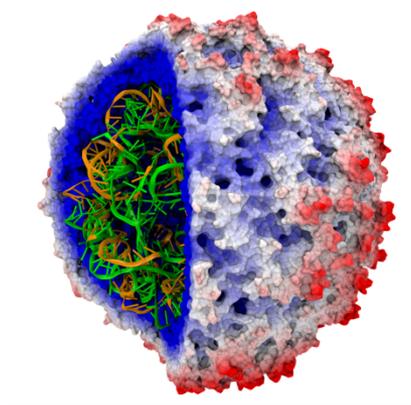


Thousand years ago: **science was empirical**

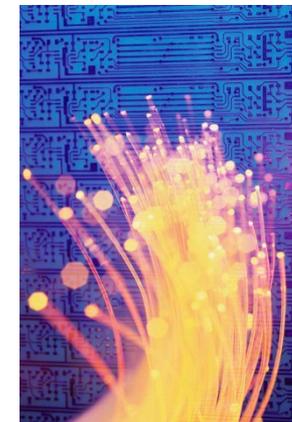
$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$



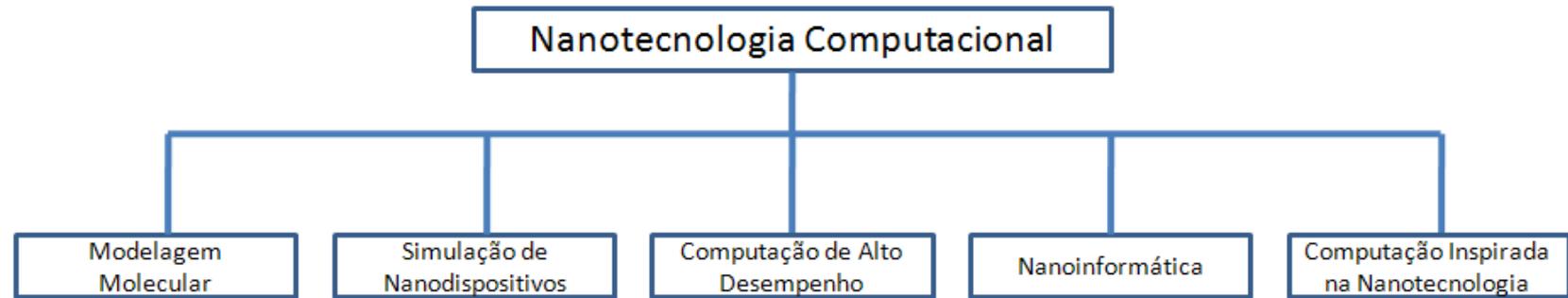
Last few hundred years: **Theoretical branch**



Last few decades: **computational branch**
Simulation



Today: **data exploration (e-Science)**
Unify theory, experiment and simulation

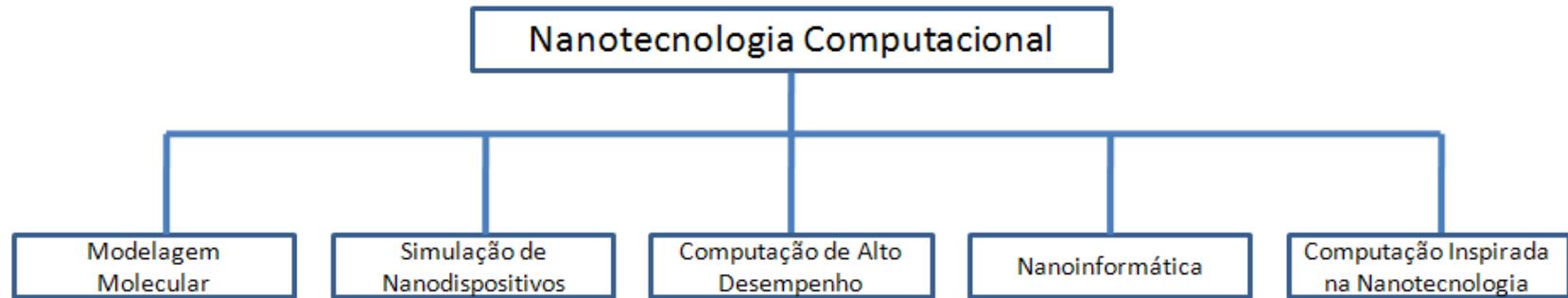


Possível criação de **novos algoritmos** inspirados na Nanociência e Nanotecnologia

- Exemplos
 - Algoritmos evolutivos com inspiração quântica;
 - Sistemas auto-organizáveis.

ICES 2010

9th International Conference on Evolvable Systems - From Biology to Hardware
6th-8th September 2010, York, UK



O que temos Feito

- Otimização
- Gerenciamento de Dados
- Descoberta de Conhecimento

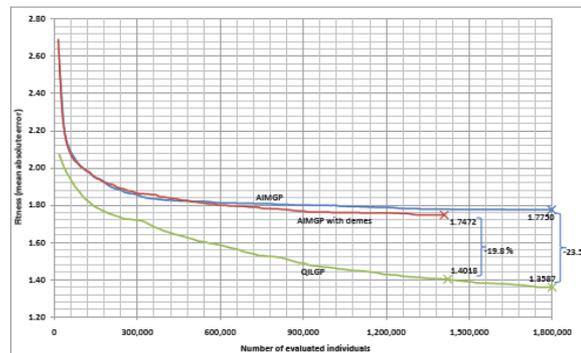
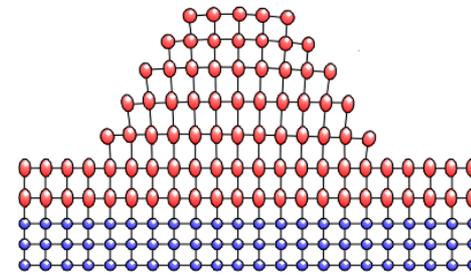
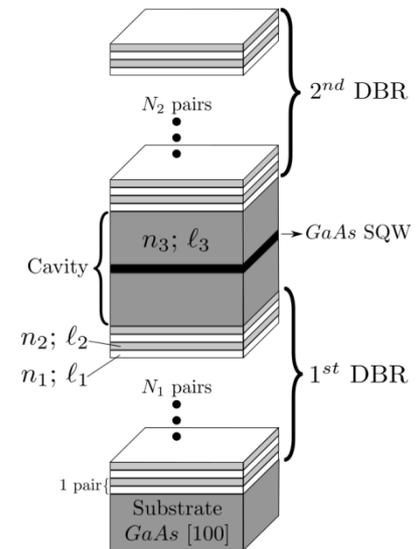


Fig. 7. Fitness curves of the case study.



Sumário

- Introdução
- Nanotecnologia Computacional
- **Nanocomputação**
- Nano e Microrrobótica
- Conclusão

O que é nanocomputação?



Aplicação



GAP

Física

Aplicação

Algoritmo

Linguagens de Programação

Sistemas Operacionais / VM

Arq. do Conjuntos de Instruções

Organização

Register-Transfer Level

Portas Lógicas

Circuitos

Dispositivos

Física

Como é um Computador?

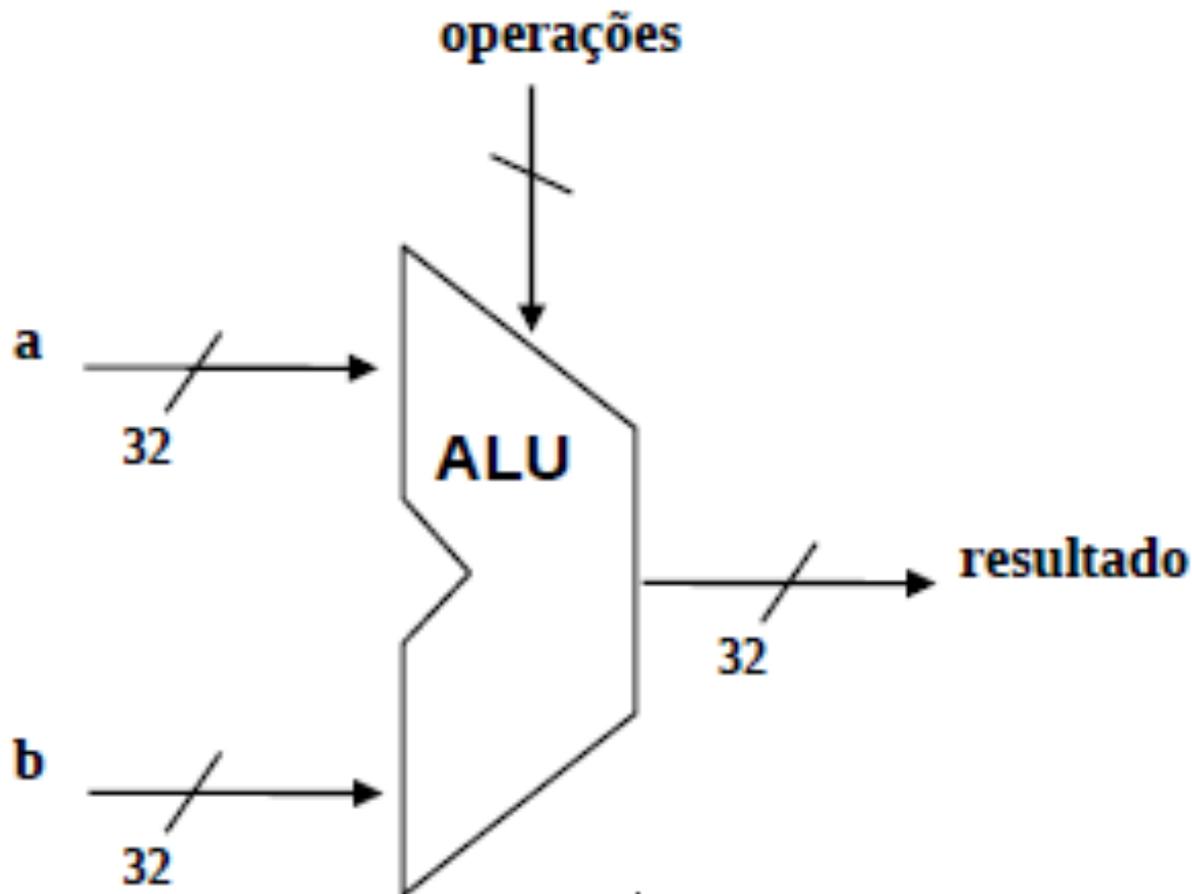


E o que tem aqui dentro?

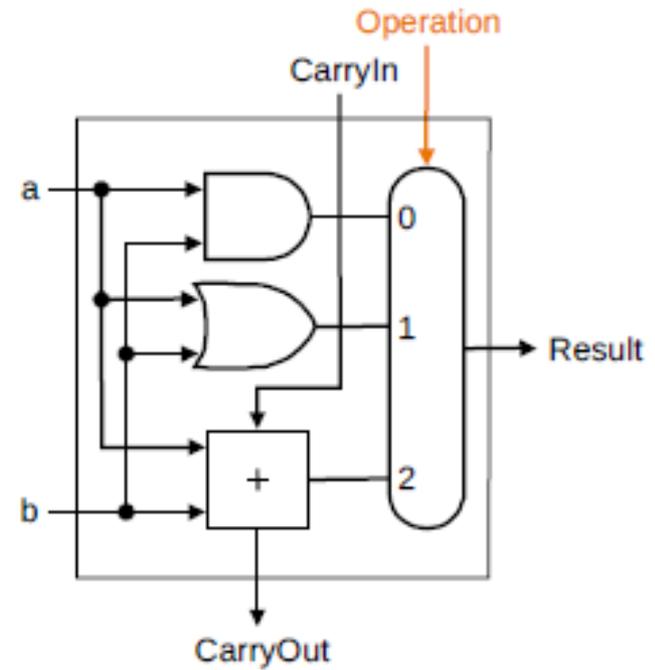
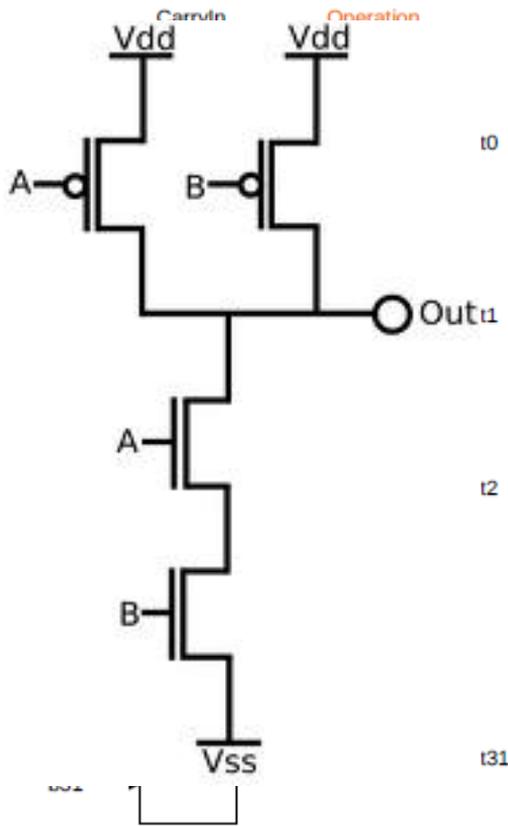
Como é um Computador?



Como é um Computador?



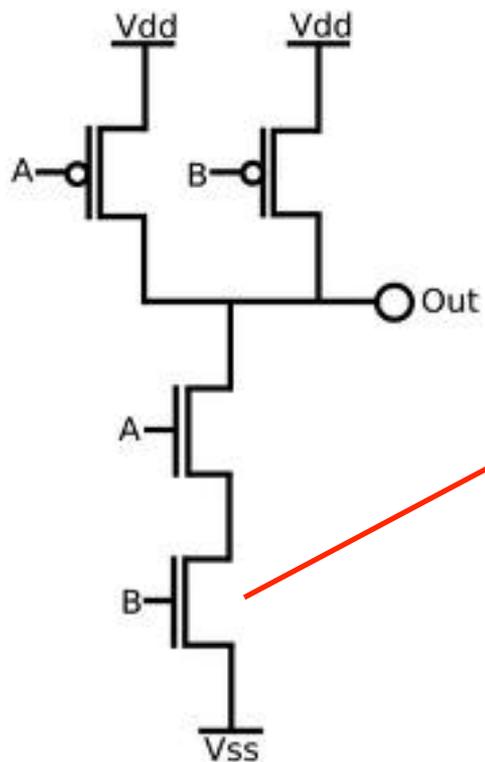
Como é um Computador?



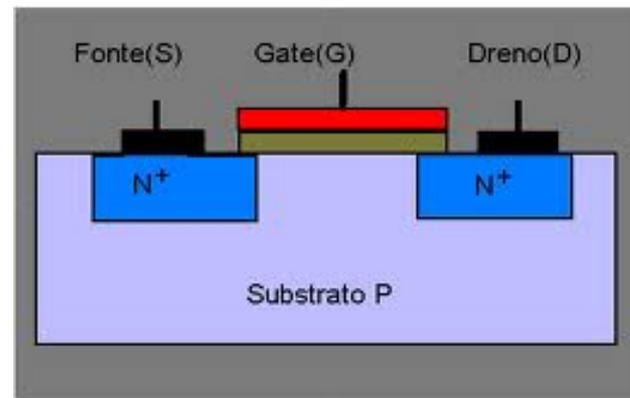
ALU de 1 Bit

Porta de 3 Bits

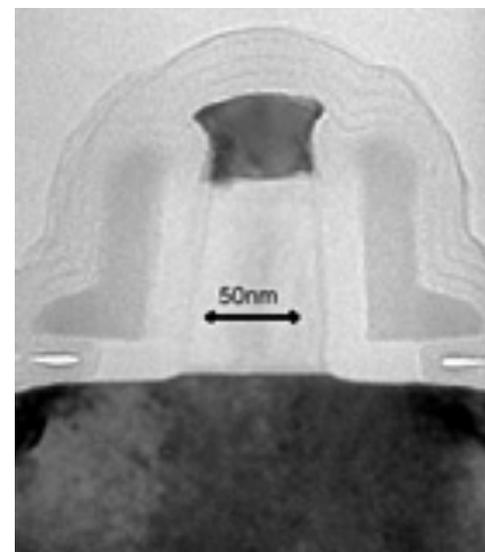
Como é o Transistor



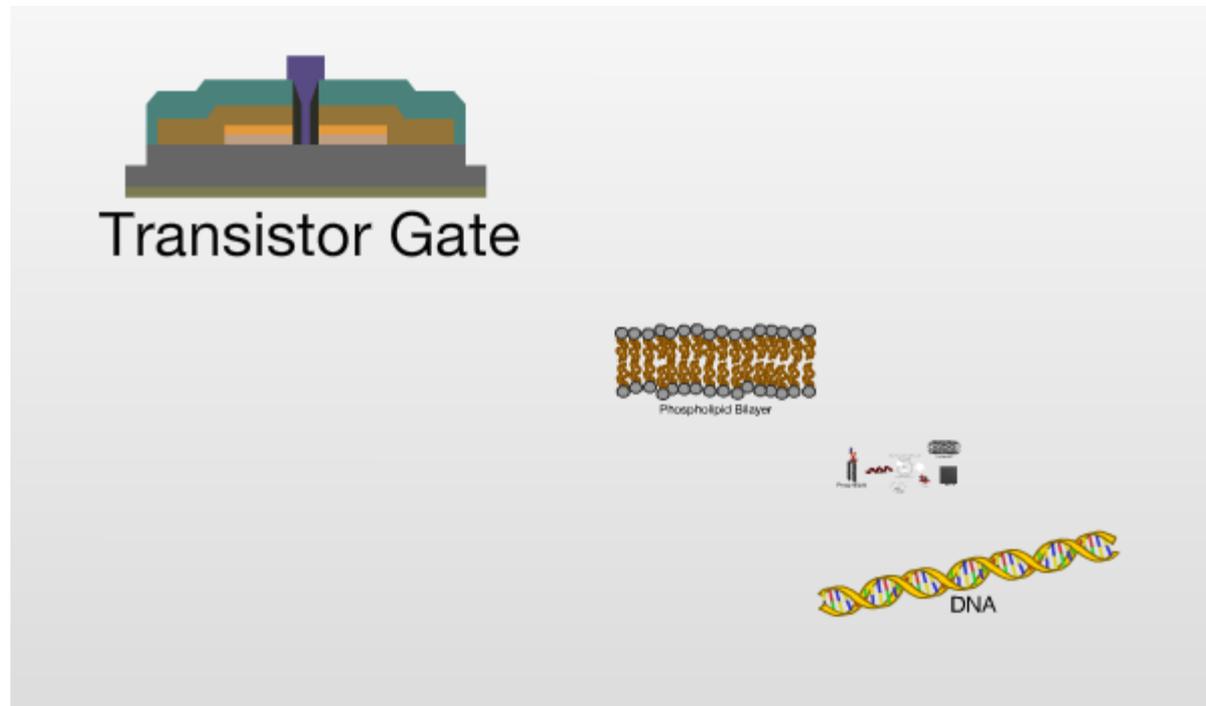
Porta NAND



Si policristalino Oxido de Si



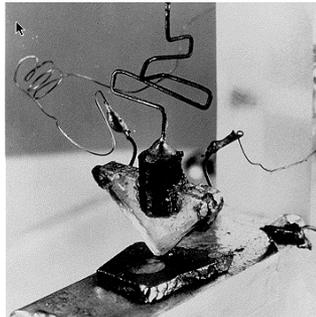
Como é o Transistor



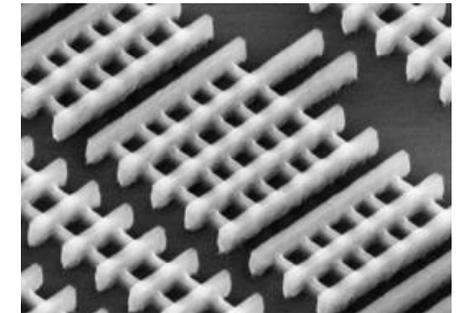
Miniaturização dos Componentes



Válvula



Primeiro Transistor



Transistor 3D – Intel
22nm

As tecnologias atuais de **Silício**, já na escala nanométrica, **estão próximas do limite físico.**

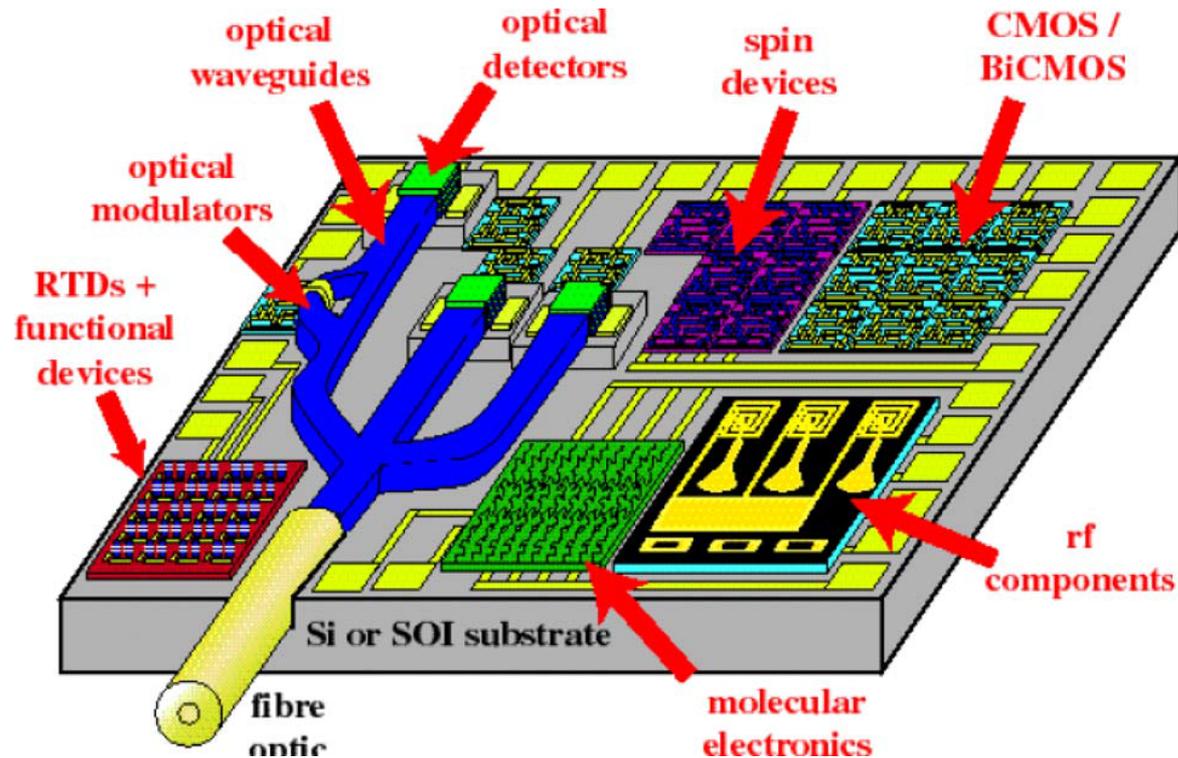
Expectativa de limite da Largura da Porta: **4,5 – 5,9nm**

Mais que Moore

Utilizar o **Silício** para **outras aplicações** e integrar **outras tecnologias** em processadores **de silício** (Computação Híbrida)

- Detecção de imagens;
- Sistemas de Comunicação – Internet das Coisas;
- Tecnologias Ópticas;
- Tecnologias de Sensores.

Mais que Moore



Processador com várias tecnologias embarcadas

Além de Moore

Buscar **novas alternativas** ao Silício.

- Canais de Ge ou Semicondutores III-V;
- FET de Nanofios;
- Eletrônica com Carbono;
- Memristor;
- Eletrônica Molecular;
- Componentes Magnéticos;
- Sistemas Biológicos.

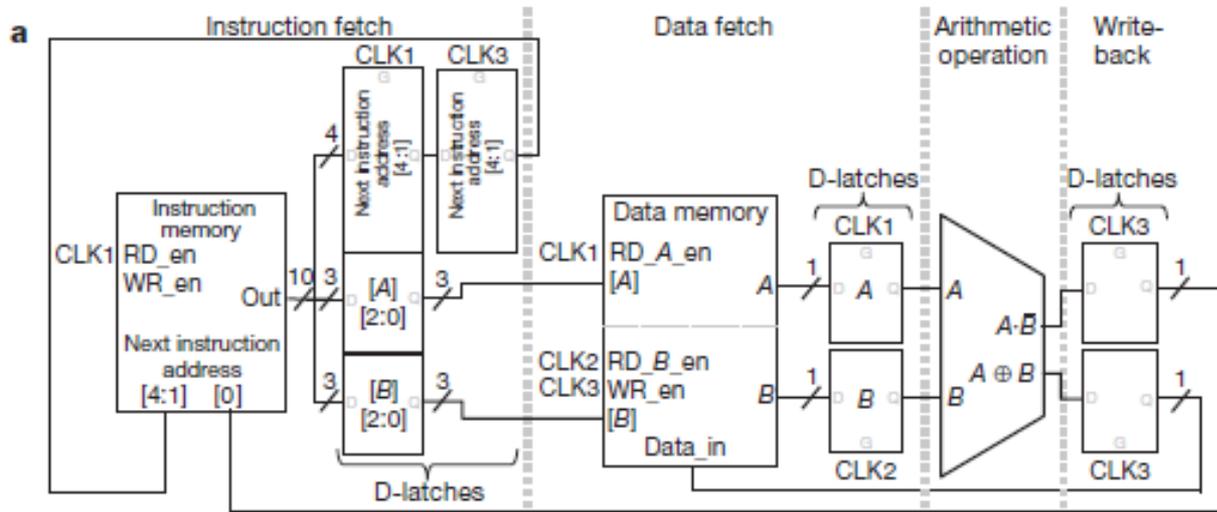
Como a Nanotecnologia pode Auxiliar a Computação?

LETTER

doi:10.1038/nature12502

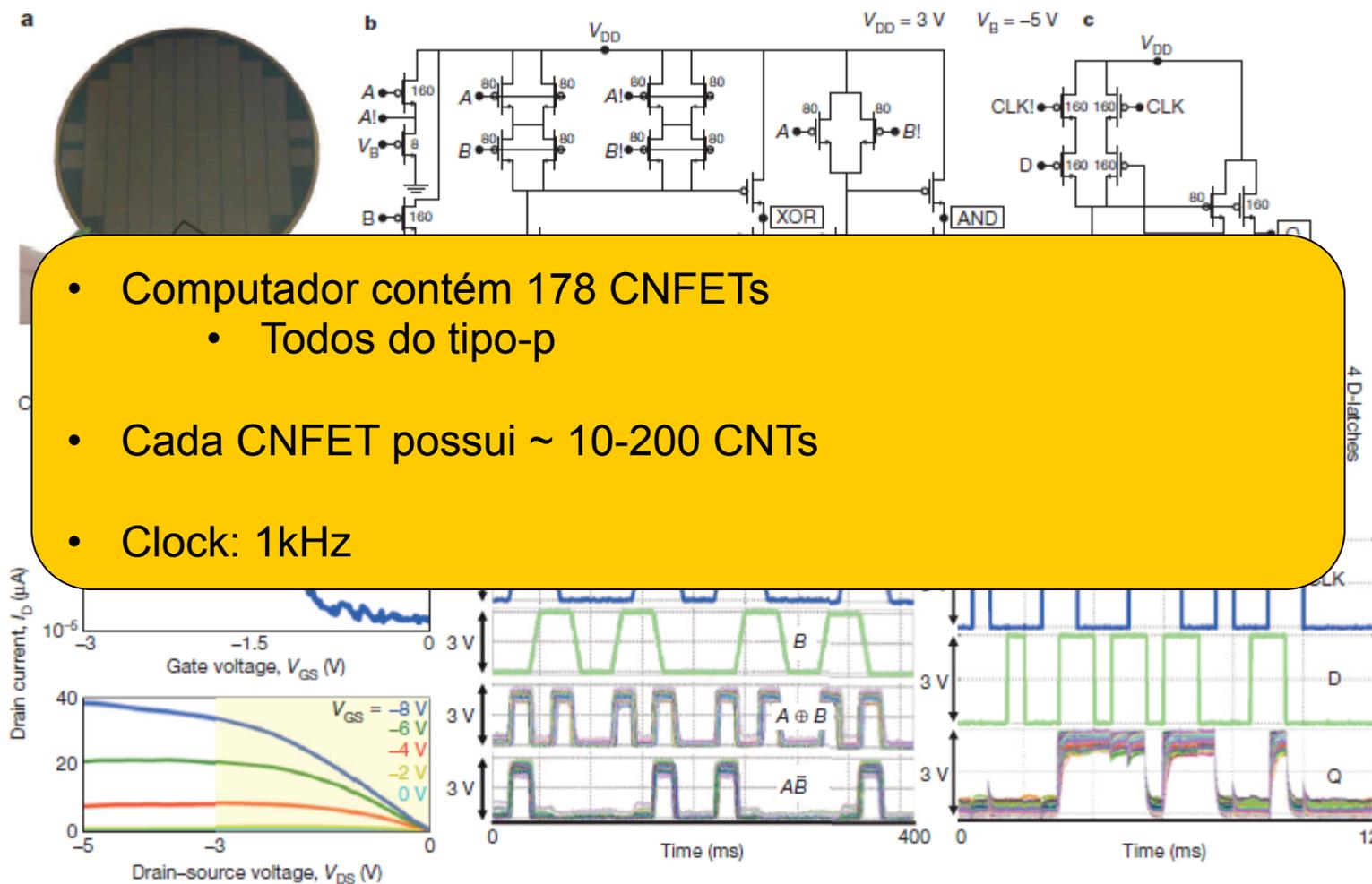
Carbon nanotube computer

Max M. Shulaker¹, Gage Hills², Nishant Patil³, Hai Wei⁴, Hong-Yu Chen⁵, H.-S. Philip Wong⁶ & Subhasish Mitra⁷



- Executa apenas 1 instrução: SubNeg
 - Turing Completo

Como a Nanotecnologia pode Auxiliar a Computação?



- Computador contém 178 CNFETs
 - Todos do tipo-p
- Cada CNFET possui ~ 10-200 CNTs
- Clock: 1kHz

4-D-latches

Como a Nanotecnologia pode Auxiliar a Computação?

Podemos realizar computação sem
transistores?

E sem corrente elétrica?

QCA



QCA



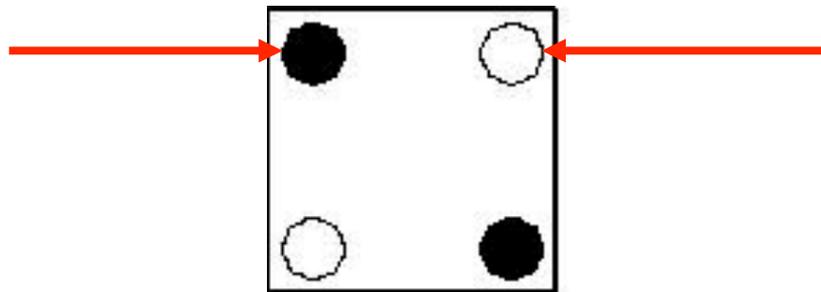
QCA

Circuitos são formados por células de pontos quânticos.

Uma célula contém:

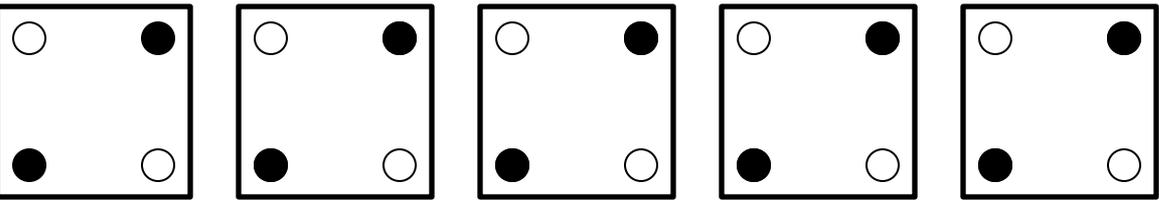
- **4 Pontos quânticos** – regiões fixas onde as cargas elétricas podem estar localizadas;
- cada ponto quântico possui **carga fixa** igual $1/2$ Coulomb;
- **2 cargas (elétrons) livres e móveis** – Podem tunelar entre os pontos quânticos da célula, mas nunca podem sair da célula.

Ponto quântico
com elétron
(carga = $-1/2$ C)

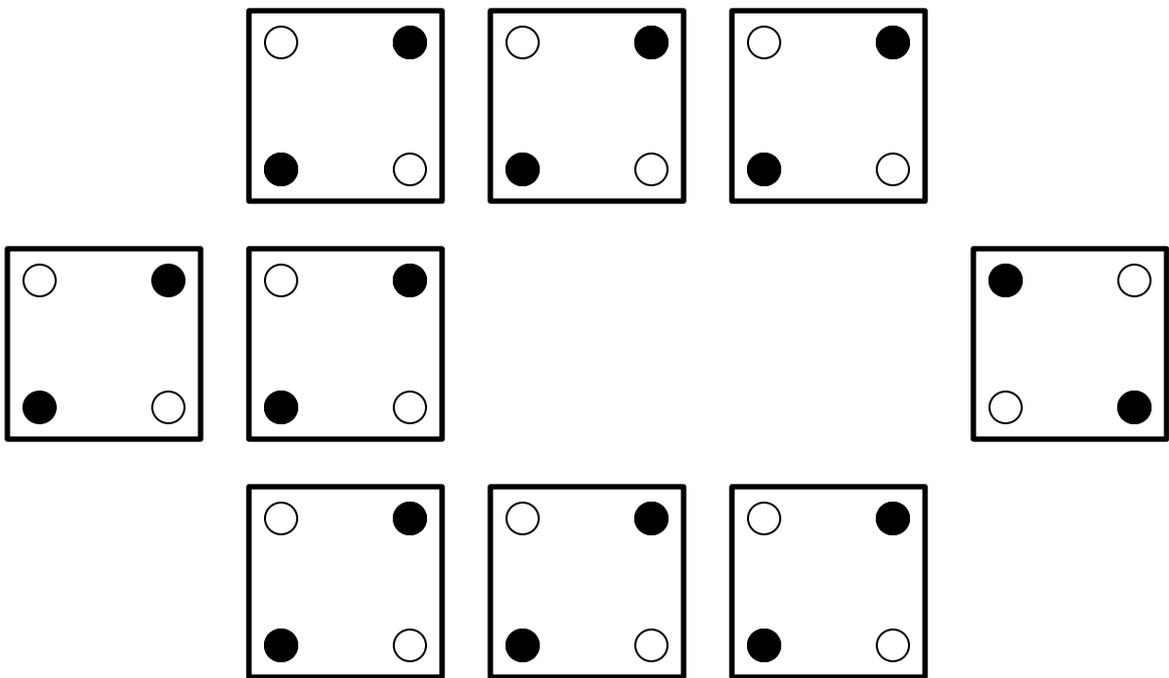


Ponto quântico
sem elétron
(carga = $1/2$ C)

QCA

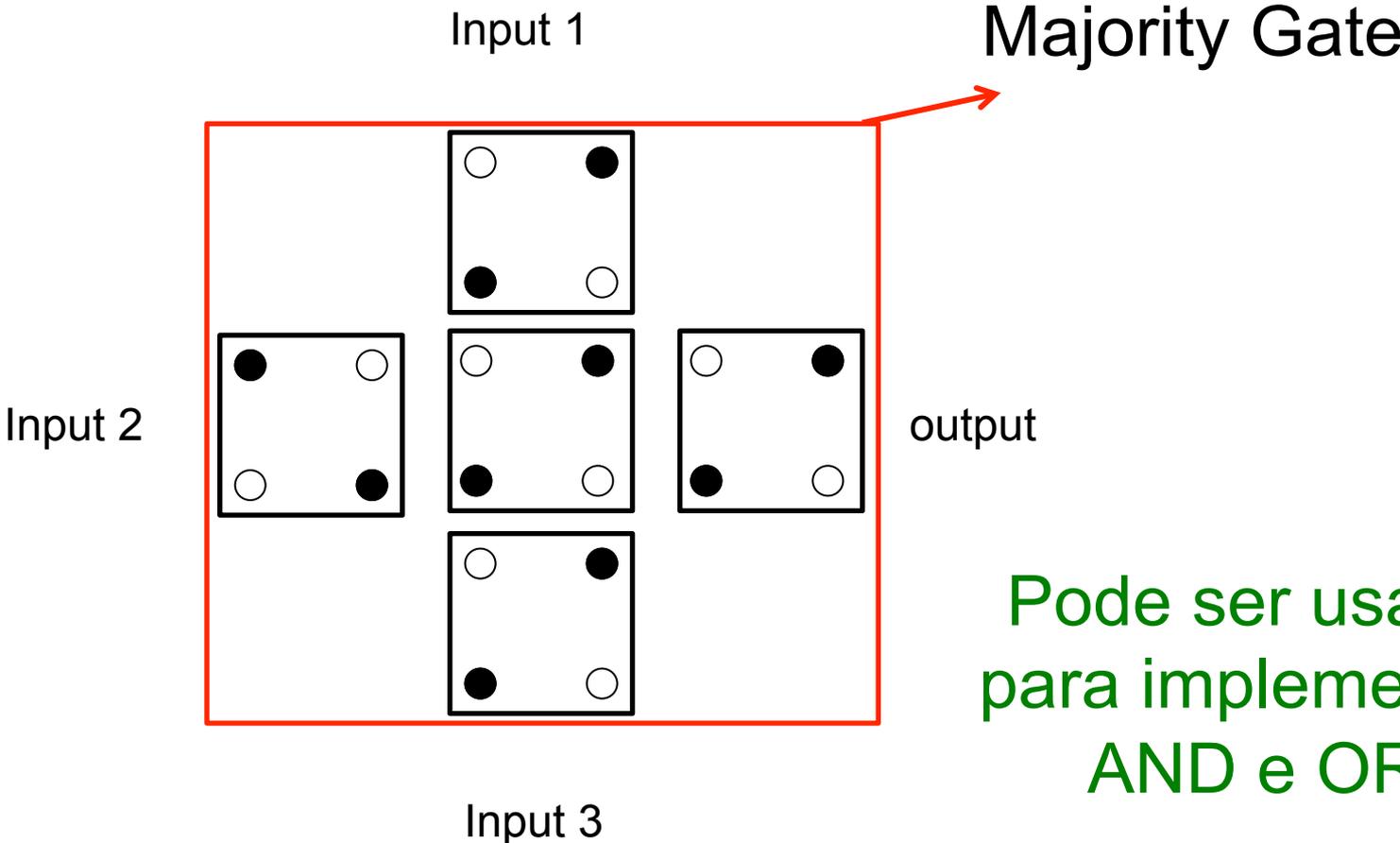


Fio



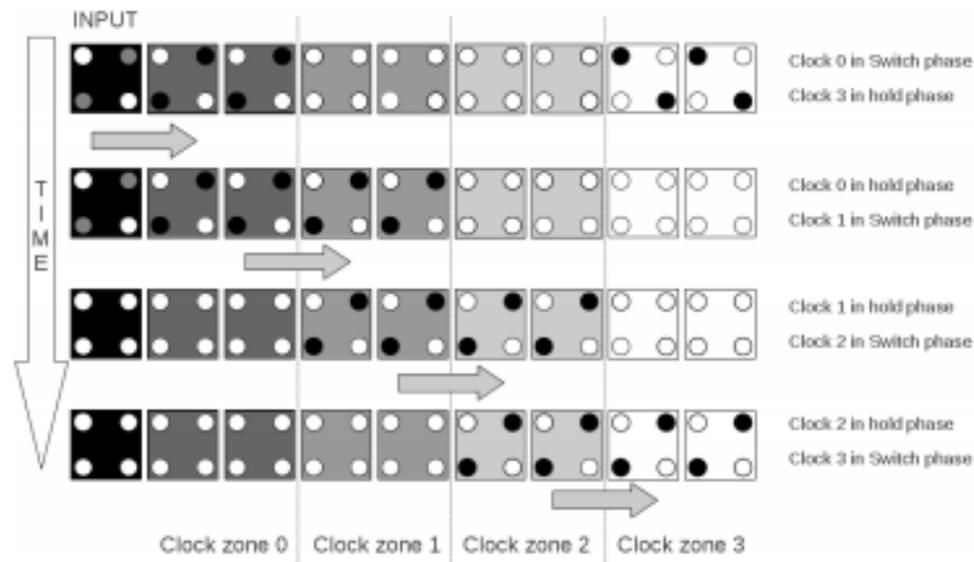
Inversor

QCA

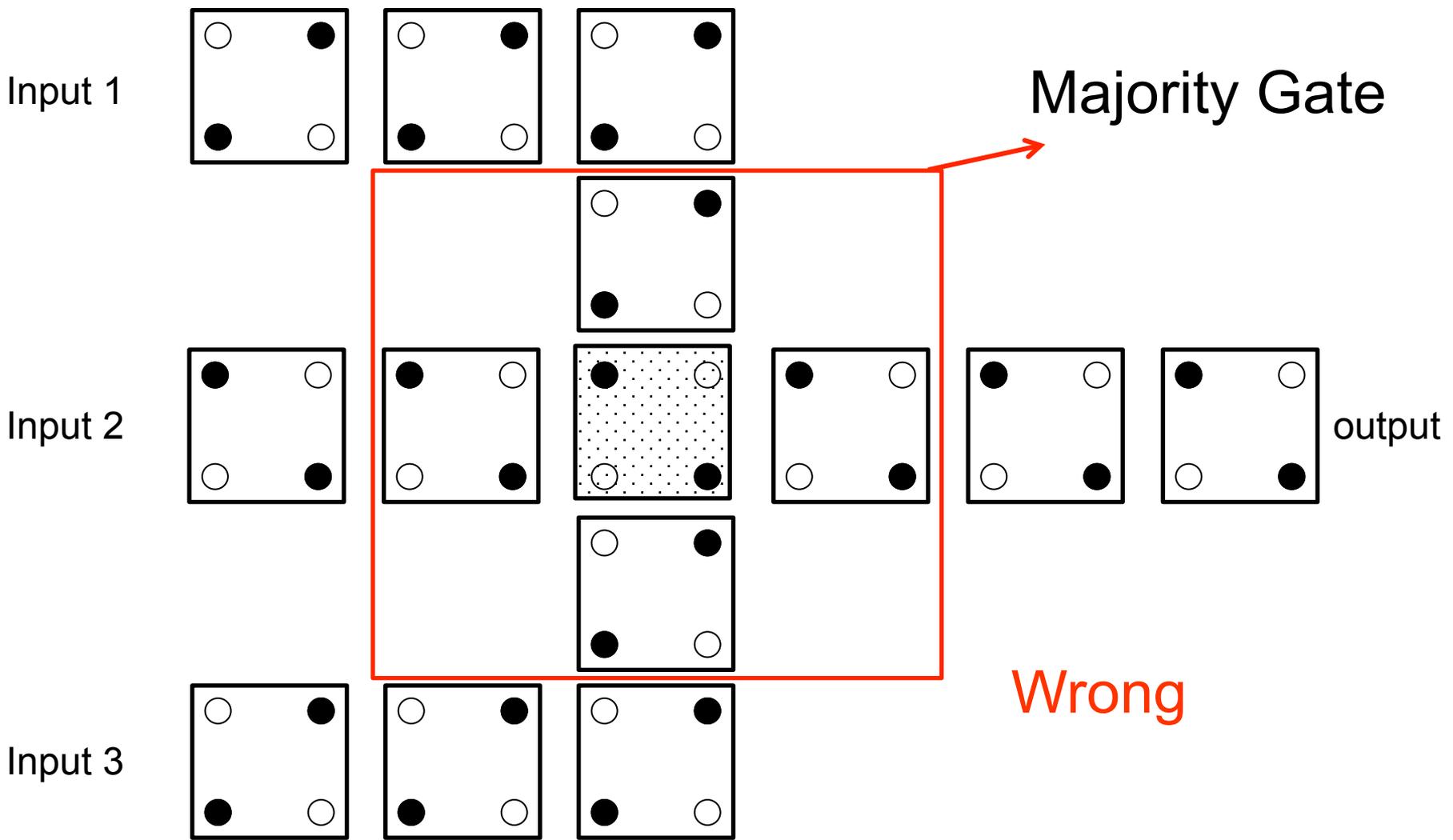


QCA

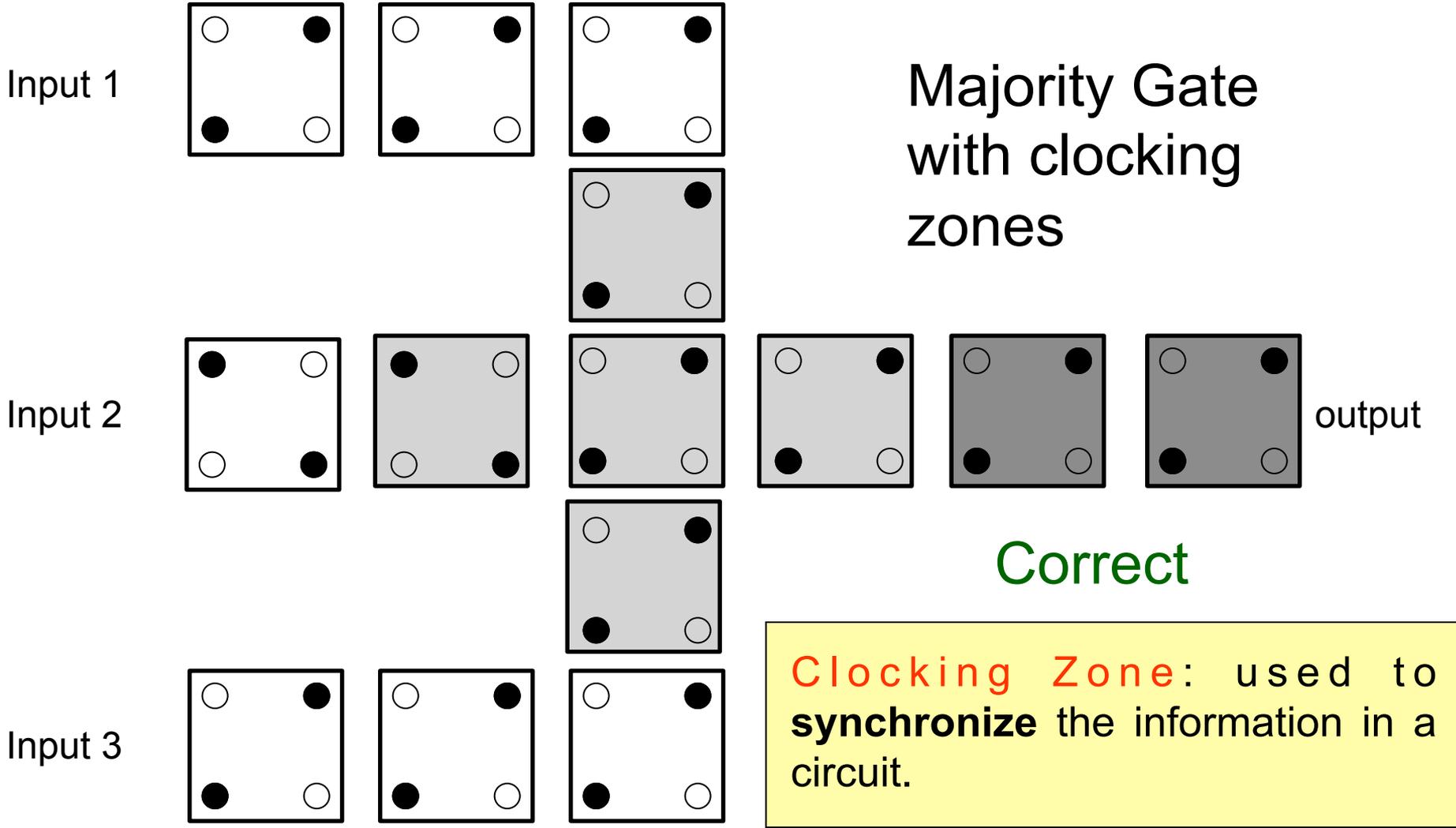
- 1 Clock cycle 4 phases
 - **Phase 1 – Switch**: the cells can polarize;
 - **Phase 2 – Hold**: the polarization of the cell can't change;
 - **Phase 3 – Release**: the cells depolarize;
 - **Phase 4 – Relax**: the cells still depolarized.



QCA

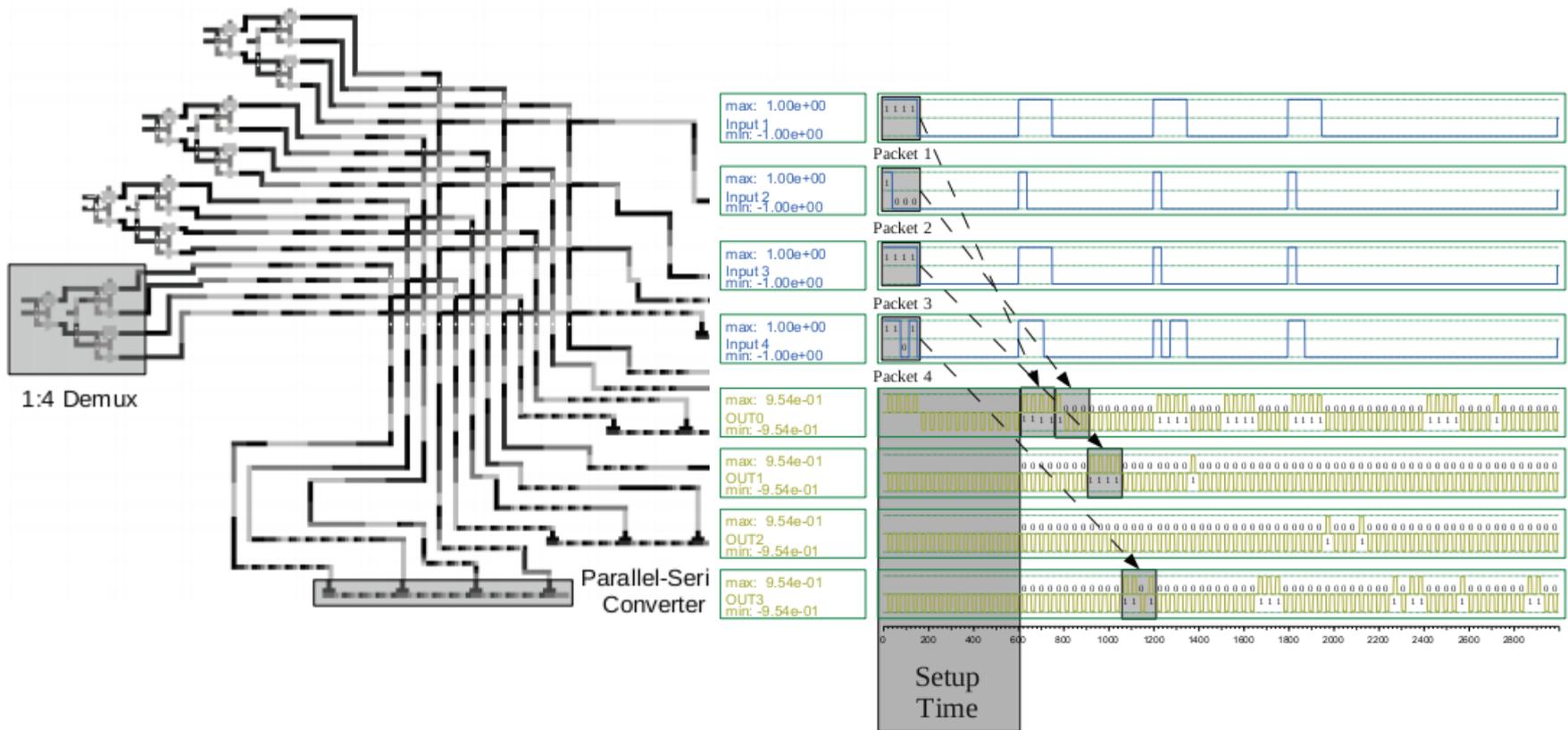


QCA

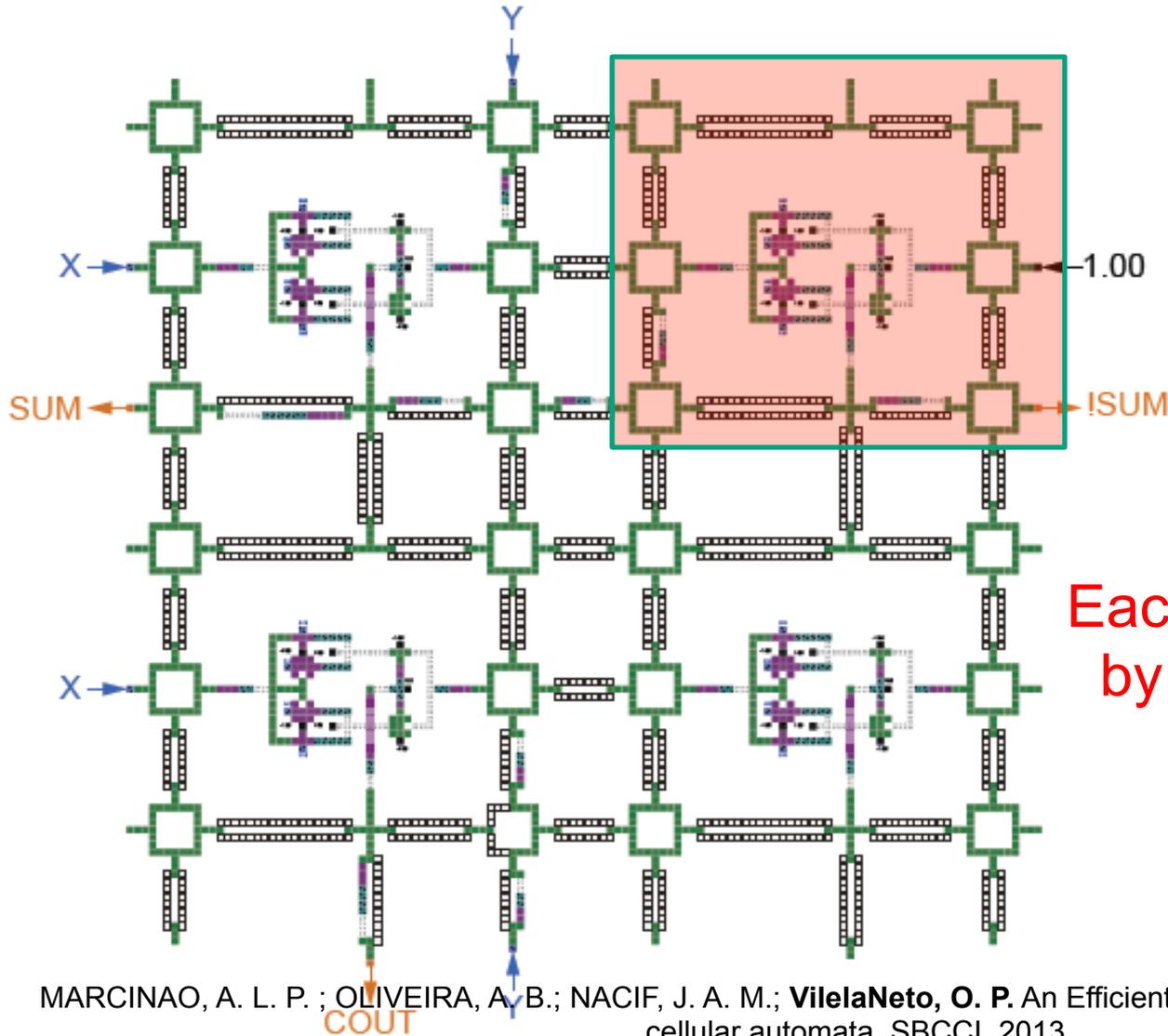


QCA

Nanoroteador



QCA



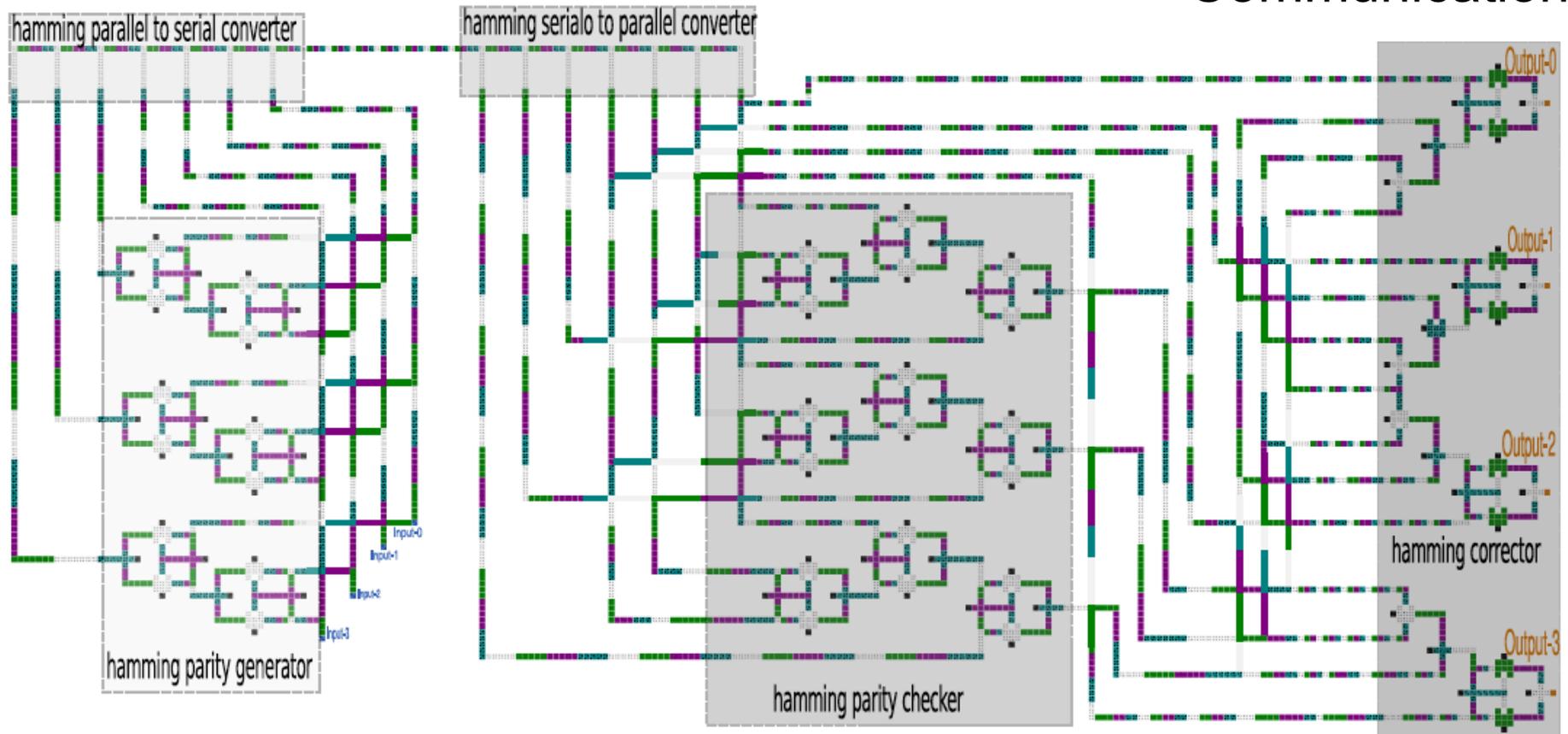
FPGA

Each CLB is surrounded by six routing squares

MARCINAO, A. L. P. ; OLIVEIRA, A. B.; NACIF, J. A. M.; **VilelaNeto, O. P.** An Efficient FPGA implementation in quantum-dot cellular automata. SBCCI, 2013.

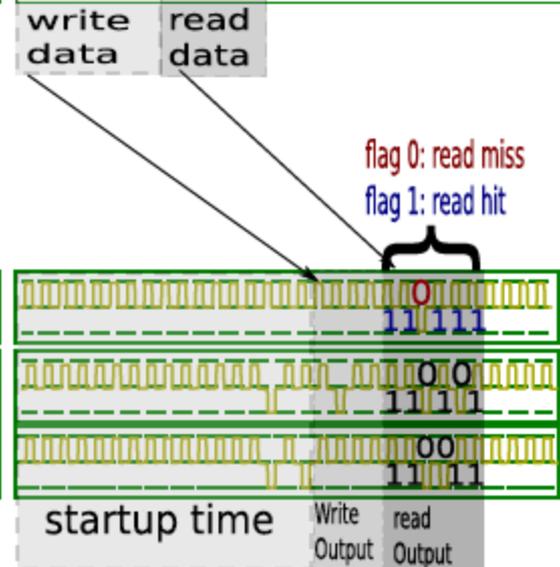
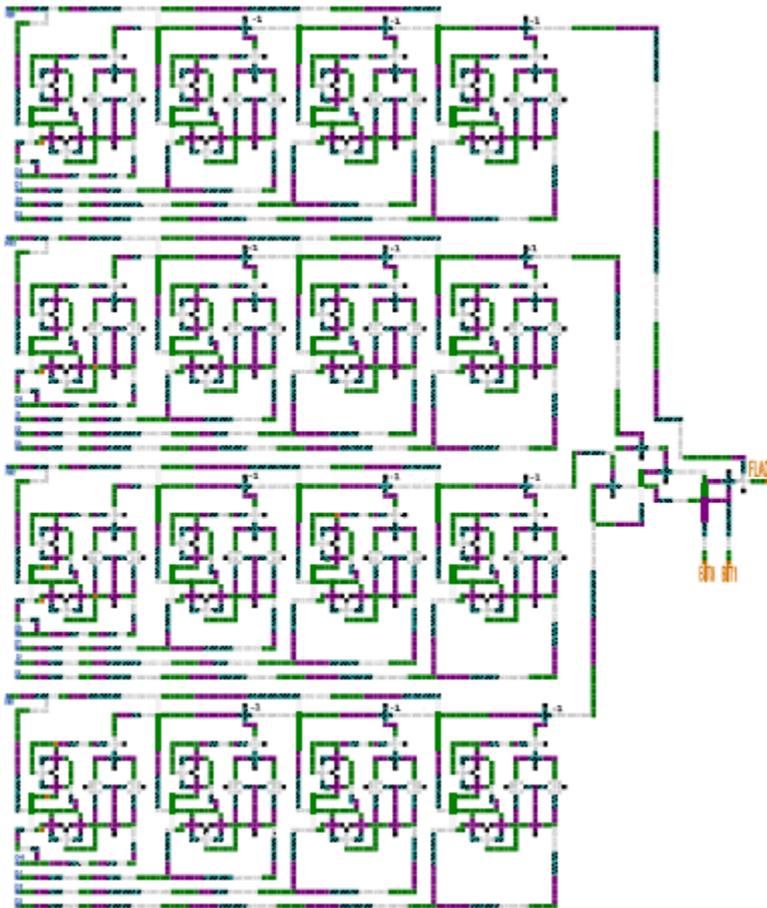
QCA

Nanodevices Communication



QCA

TCAM Memory

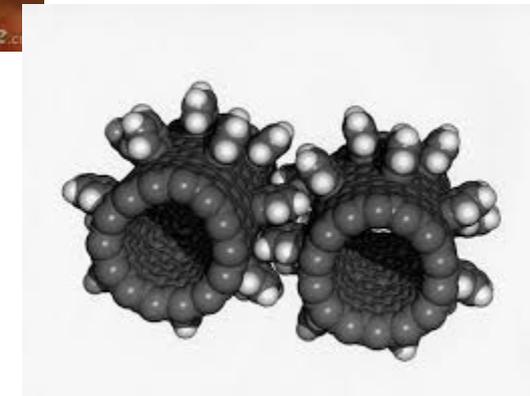
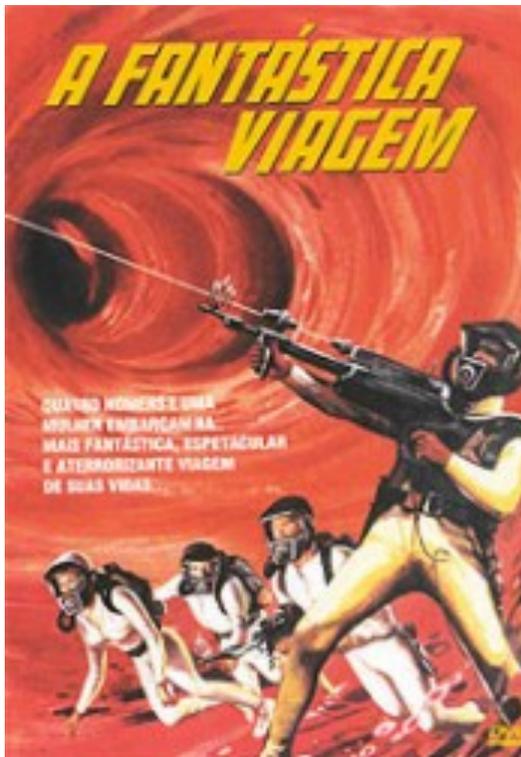


Sumário

- Introdução
- Nanotecnologia Computacional
- Nanocomputação
- Nano e Microrrobótica
- Conclusão

Motivação

Vamos miniaturizar os robôs?

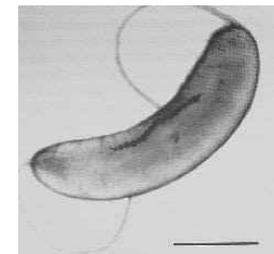
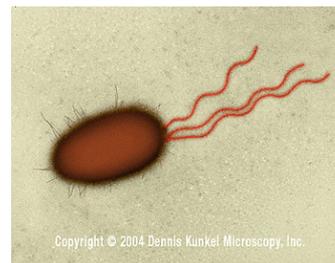
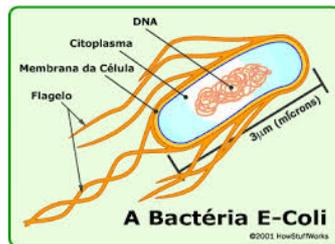
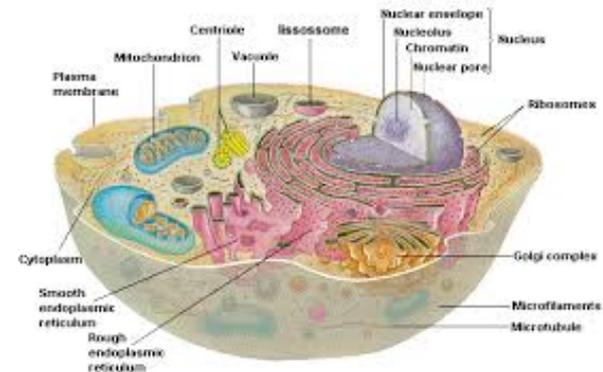


Quais as dificuldades?

- Há tecnologias para a construção de objetos na escala desejada;
- Onde estão as **dificuldades**?
- Como miniaturizar os atuadores e motores?
- Qual a fonte de energia?

De onde vem as soluções?

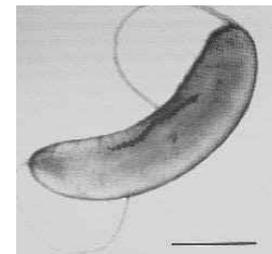
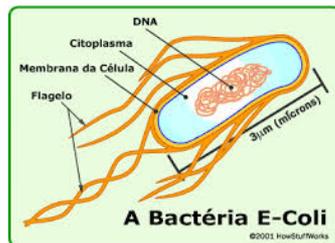
- Natureza é rica em nano e microestruturas;



Objetivo

- Aplicar bactérias flageladas para a realização de nano e microrrobótica;

Qualquer bactéria flagelada?



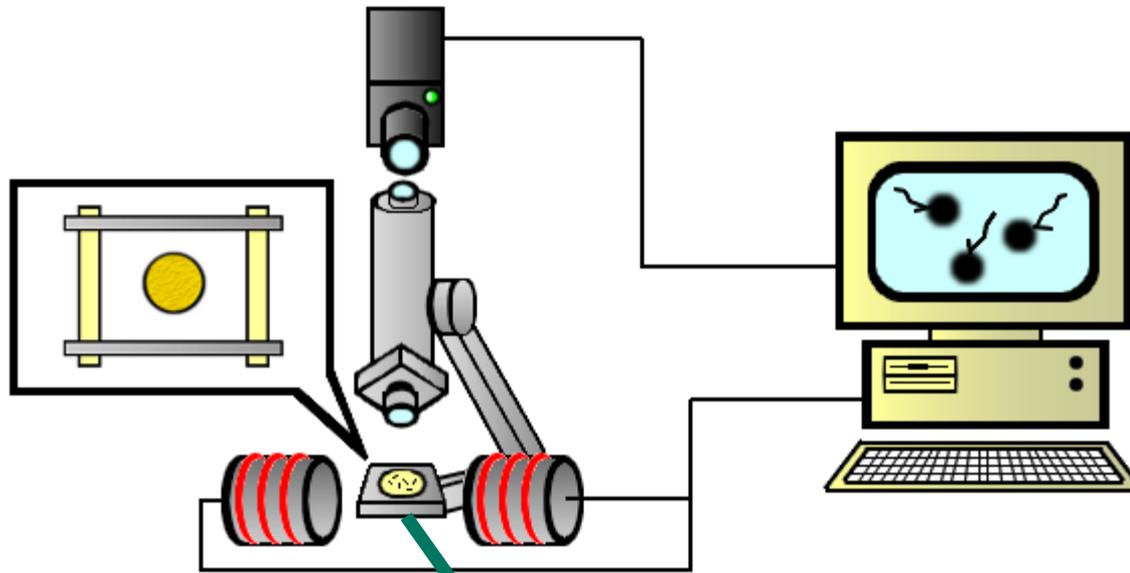
Bactérias Magnetotáticas

- São microrganismos que se orientam e navegam propelidas pelos seus flagelos ao longo das linhas de campos magnéticos devido às partículas denominadas **magnetossomos**.
- **Magnetossomos**: organelas **formadas por um cristal magnético** envolvido por uma membrana lipo-protéica.
 - Fe_3O_4 ou Fe_3S_4 ;
 - 10 a 30 partículas;
 - 50 a 200 nanômetros.

Bactérias Magnetotáticas

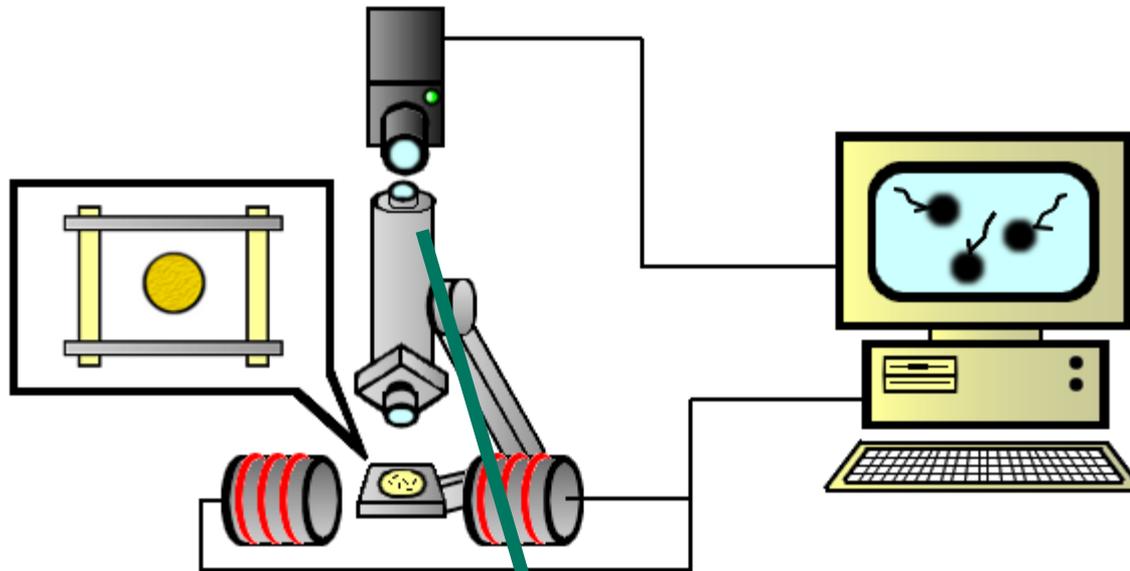


O Sistema



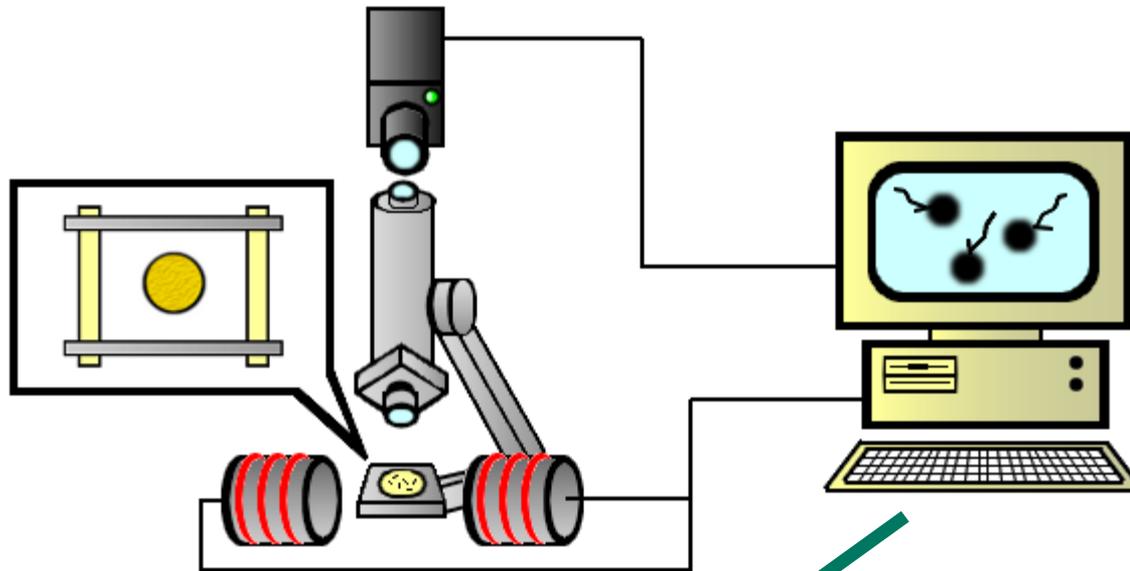
Bactérias

O Sistema



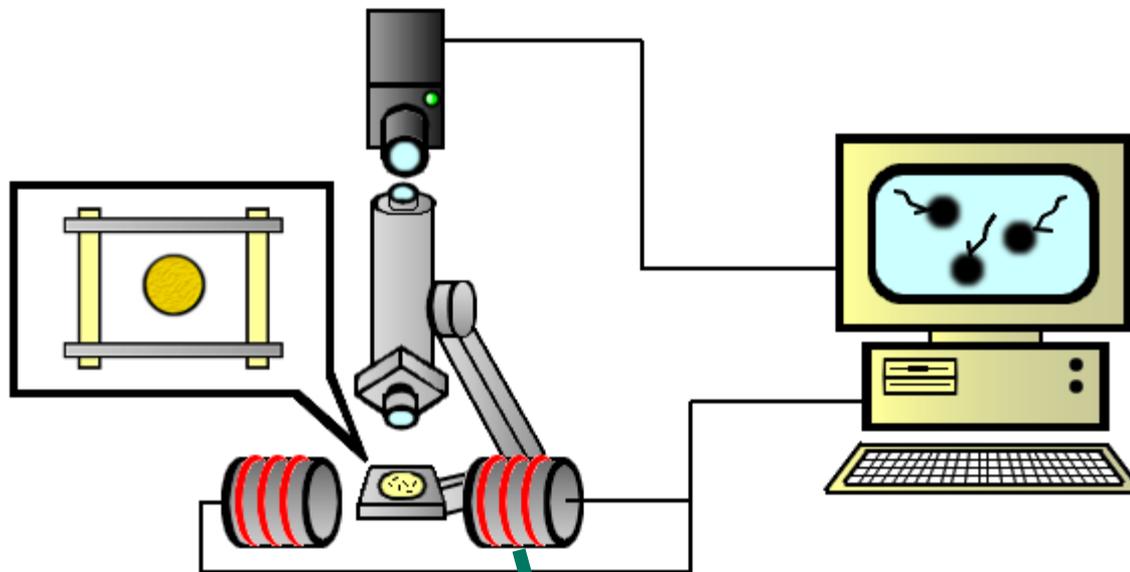
Microscópio e Câmera

O Sistema



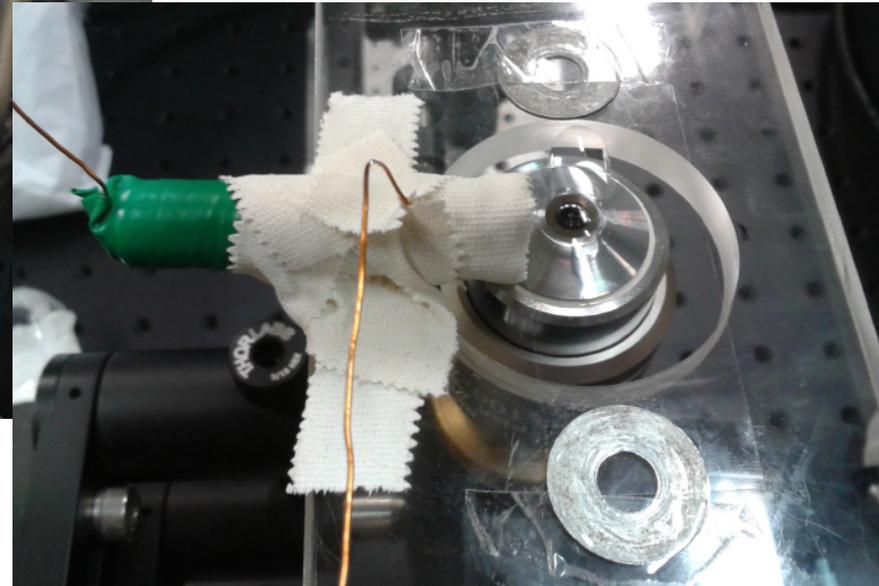
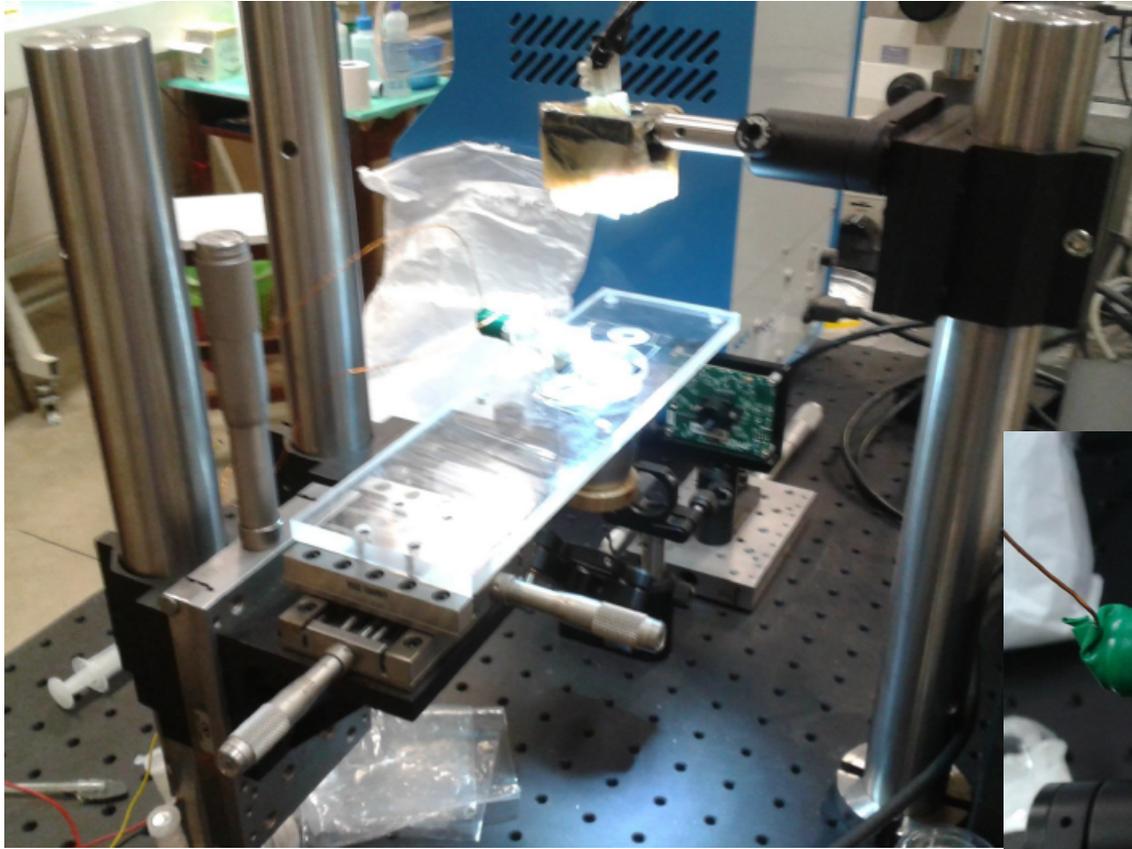
Computador (Algoritmo)

O Sistema

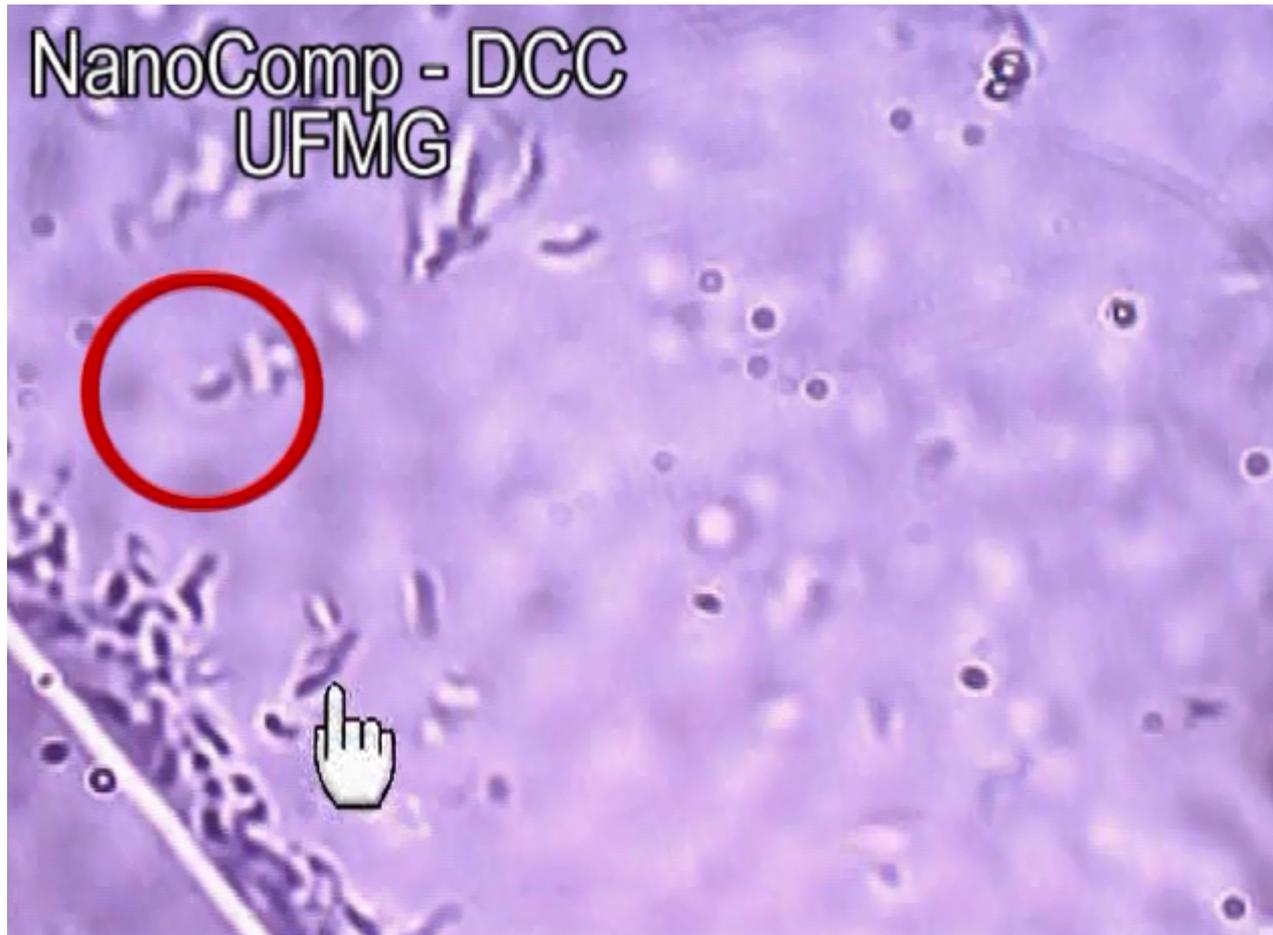


Bobina

O Microscópio



Resultado 1



Resultado



FIM

Omar Paranaiba Vilela Neto

omar@dcc.ufmg.br



Parnaíba, 14 de Novembro de 2014

