

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"**

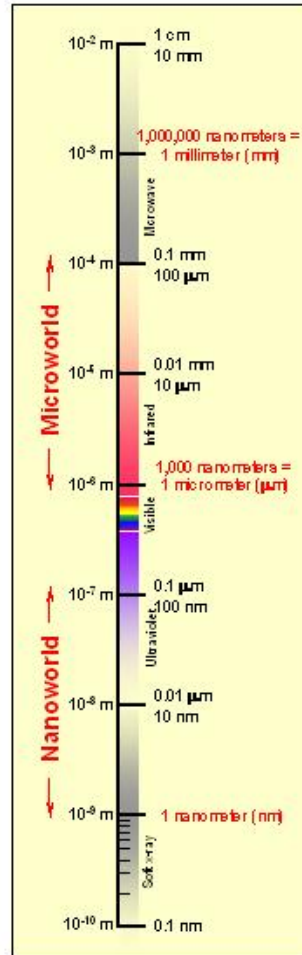
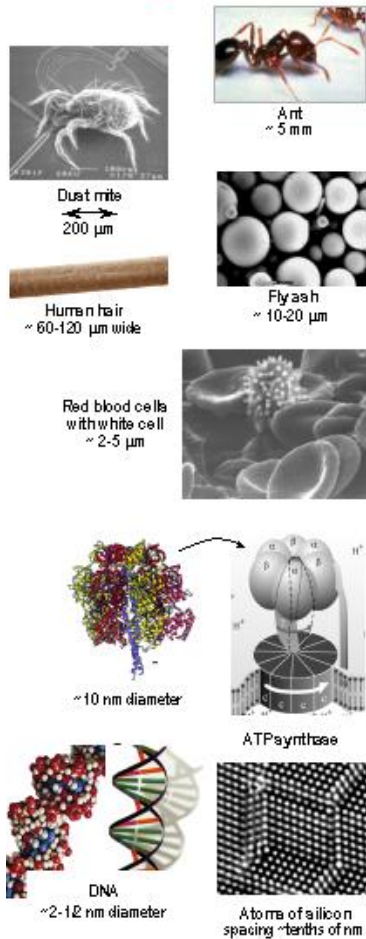
1 nanometro (nm) = 1 bilionésimo do metro, 10^{-9}m



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.

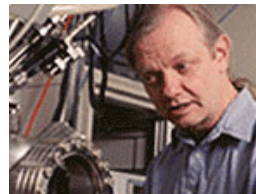
A Nanotecnologia poderá **mudar a natureza** de **tudo aquilo que já foi construído pelos seres-humanos**

Por que é tão importante?

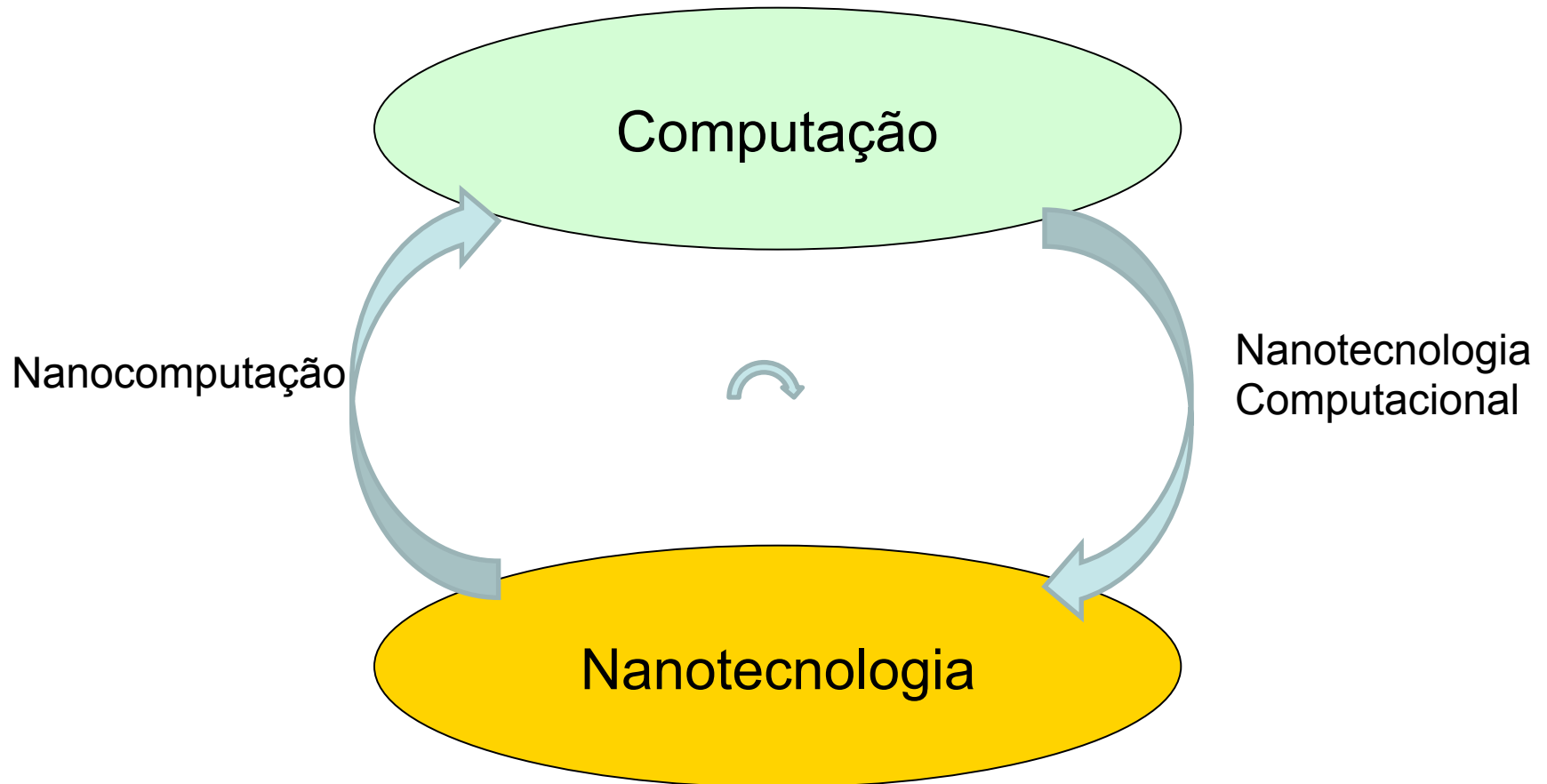
- Efeitos Quânticos predominam
- Organização Sistêmica (auto-montagem)
 - Área de Superfície
 - Densidade Espacial
 - **Novas Propriedades**

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



Integração entre Áreas



Sumário

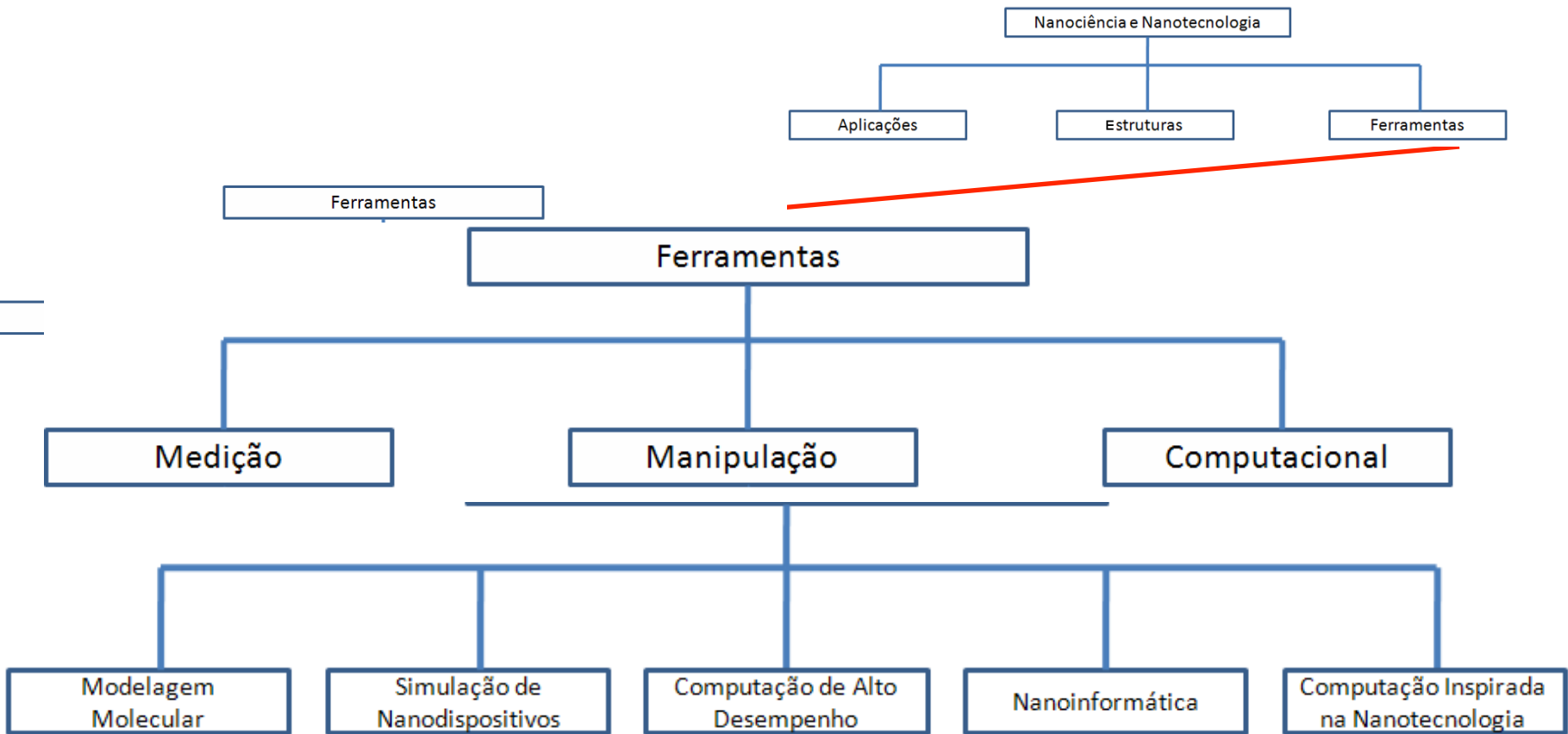
- Introdução

- Nanotecnologia Computacional
- Nanocomputação
- Nano e Microbótica
- Conclusão

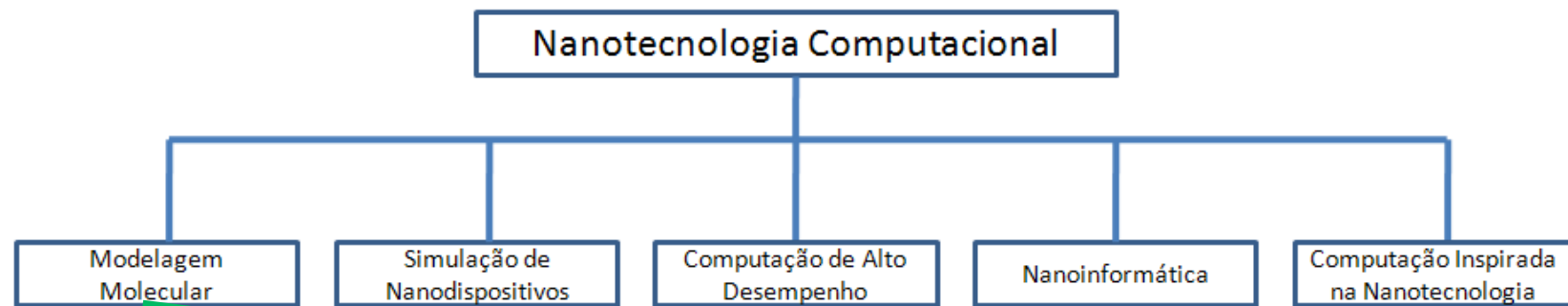
Sumário

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

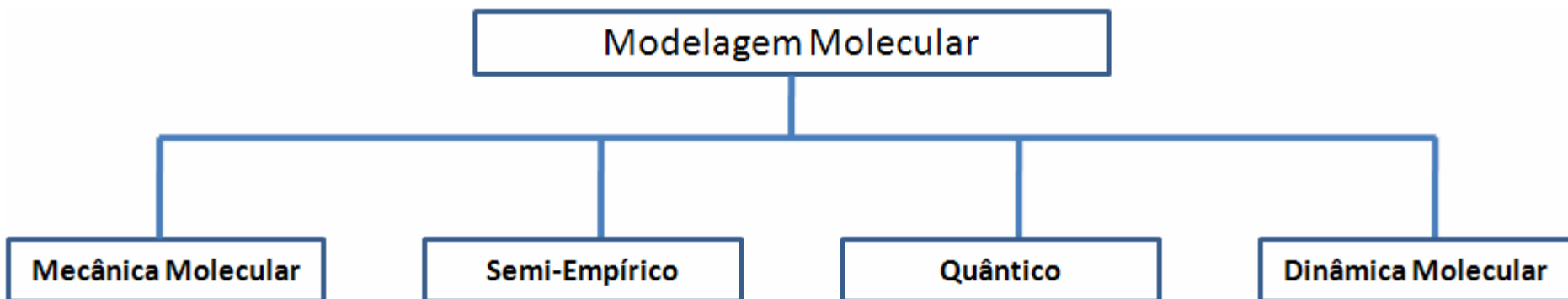
Taxonomia

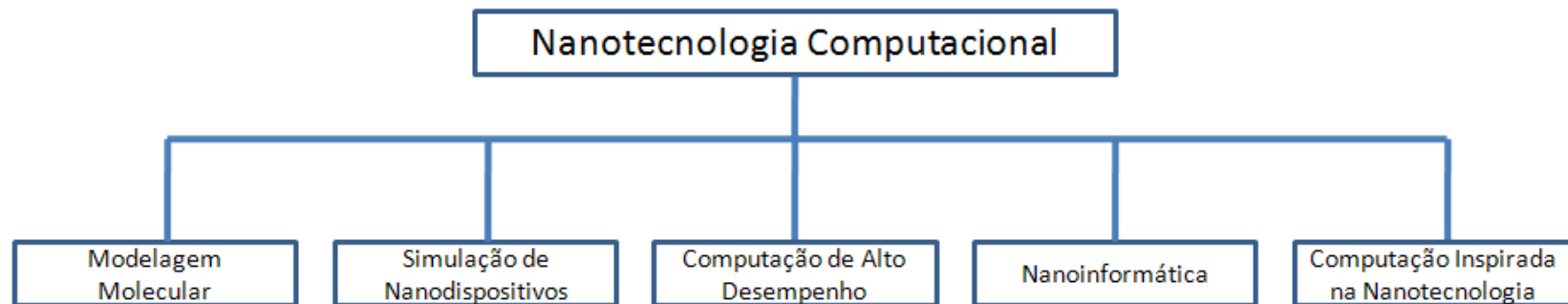


Nanotecnologia Computacional: Uso de técnicas e ferramentas computacionais no desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia.



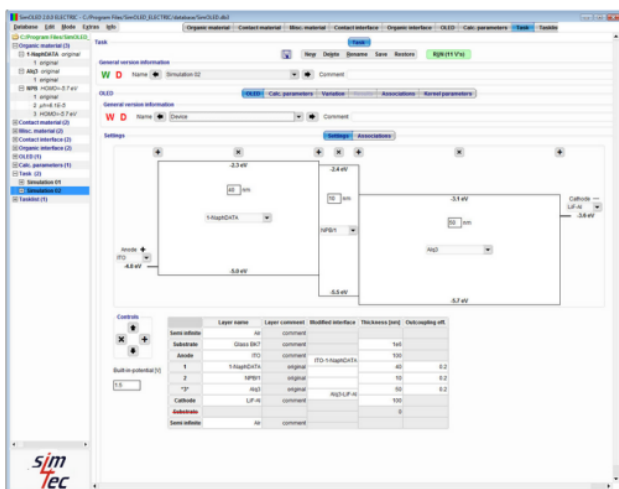
Métodos e técnicas **computacionais** para **imitar** o comportamento de **sistemas atômicos e moleculares**.



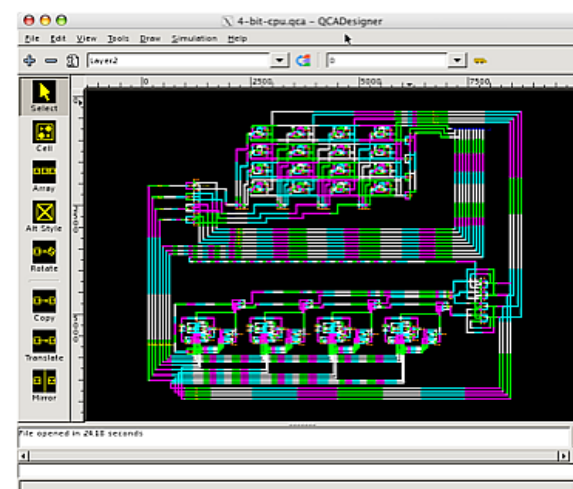


Métodos de **simulação** desenvolvidos exclusivamente para **determinadas nanoestruturas ou nanodispositivos**;

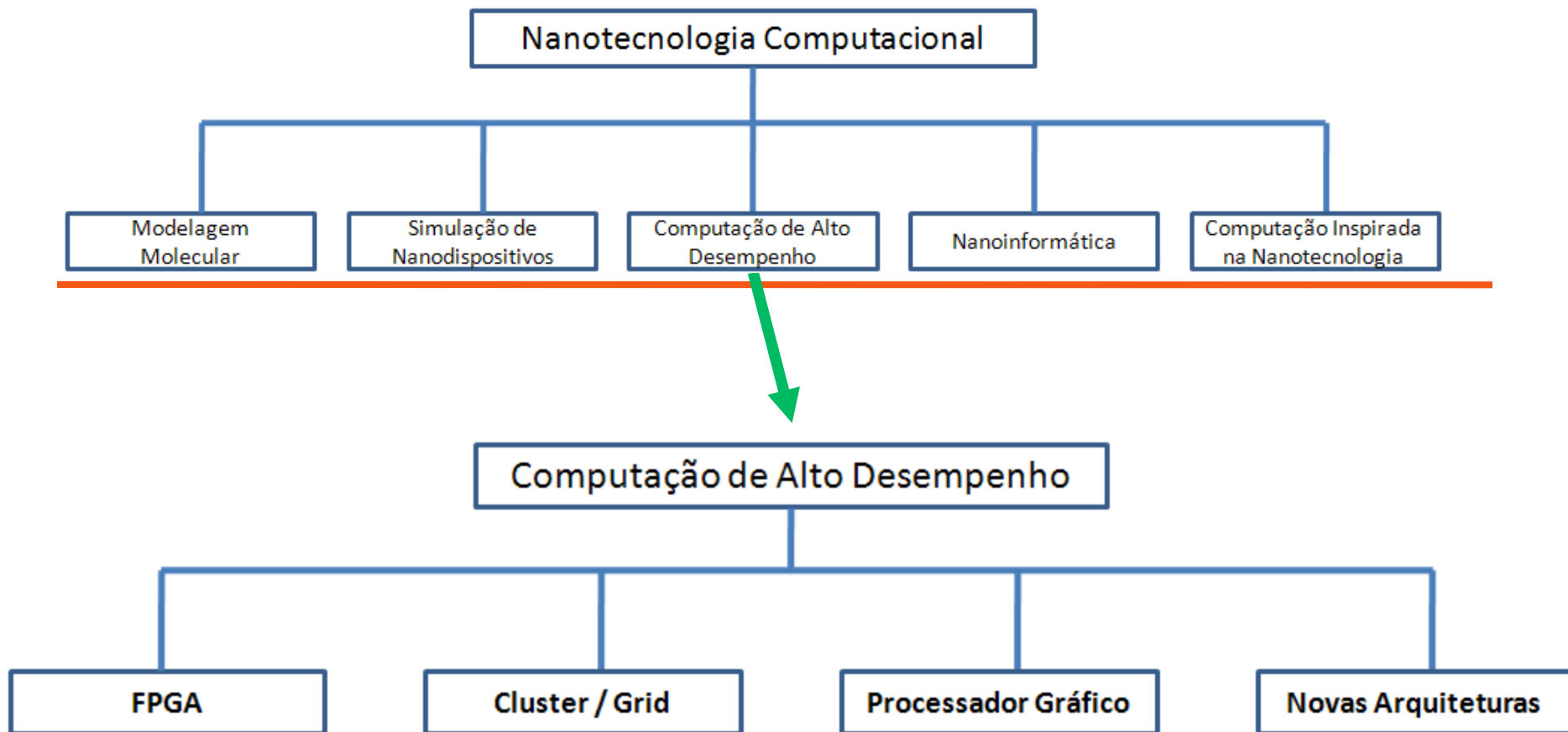
- Simuladores de OLEDs;
- Simuladores de Autômatos Celulares com Pontos Quânticos (QCA);
- Simuladores de Cristais Fotônicos;
- etc.



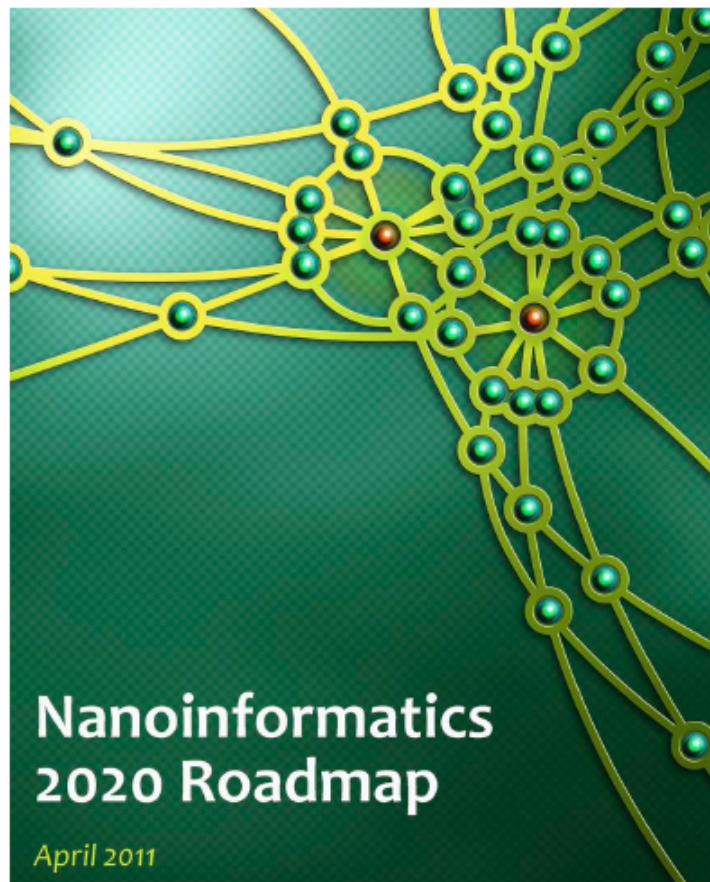
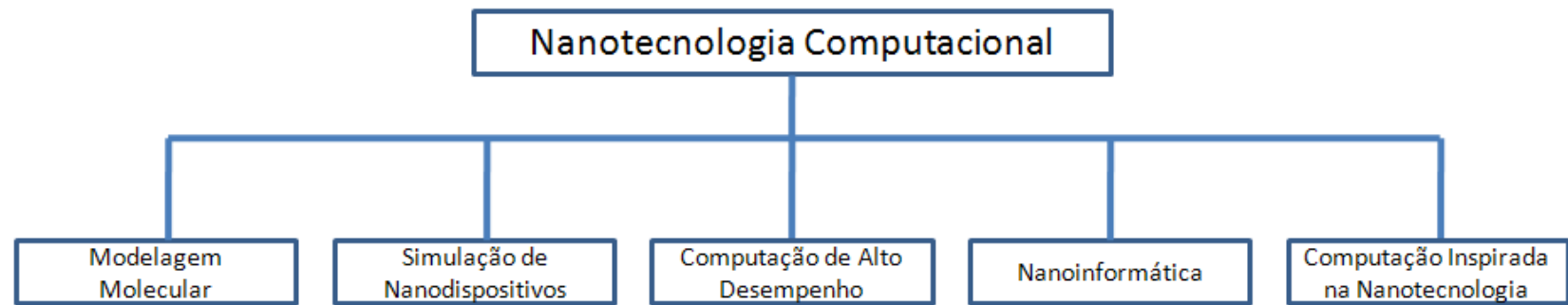
SimOLED
Simulador de LEDs
Orgânicos



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.

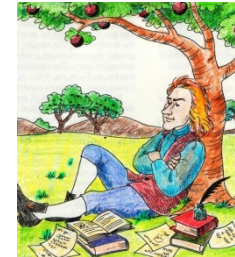


Science Evolution

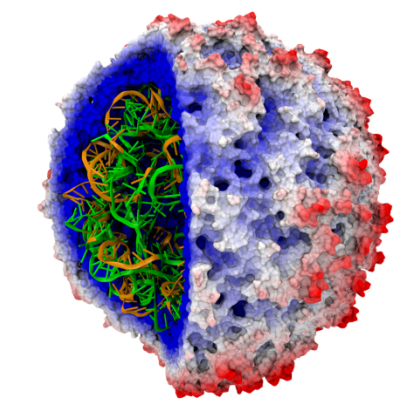


Thousand years ago: **science was empirical**

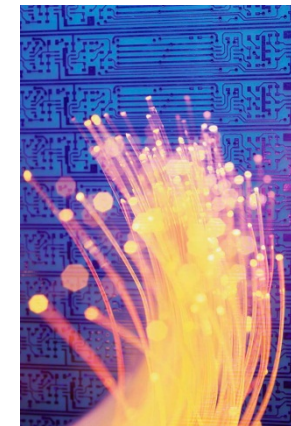
$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$



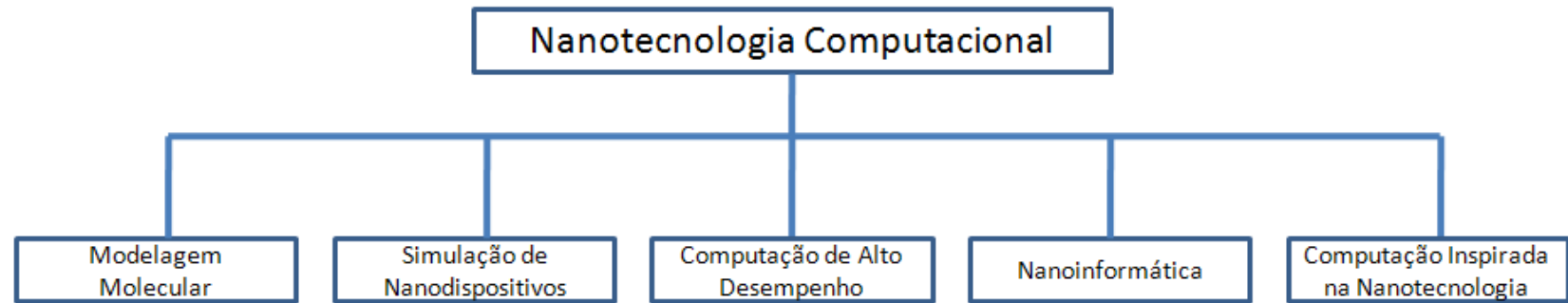
Last few hundred years: **Theoretical branch**



Last few decades: **computational branch**
Simulation



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

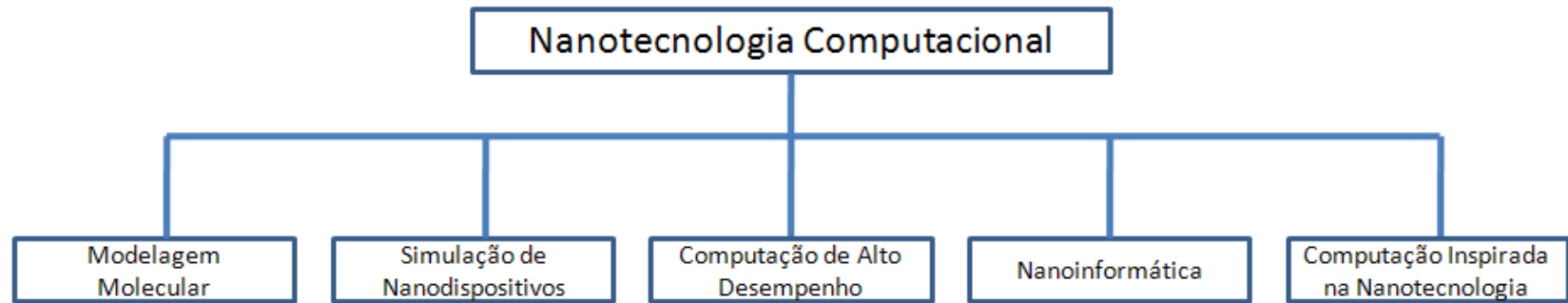


Possível criação de **novos algoritmos** inspirados na **Nanociência e Nanotecnologia**

- 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

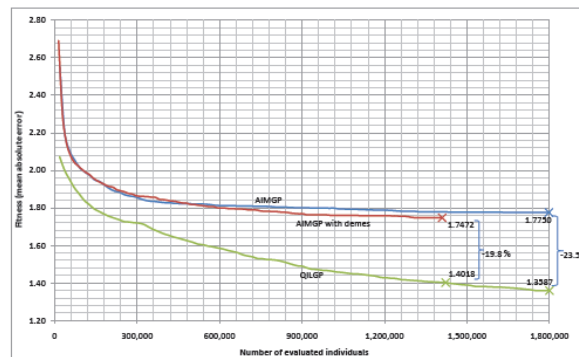
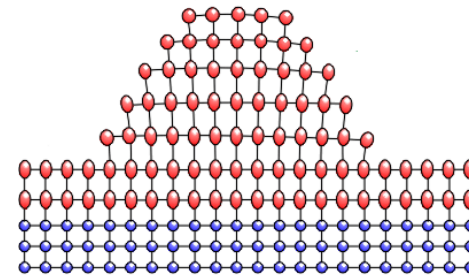
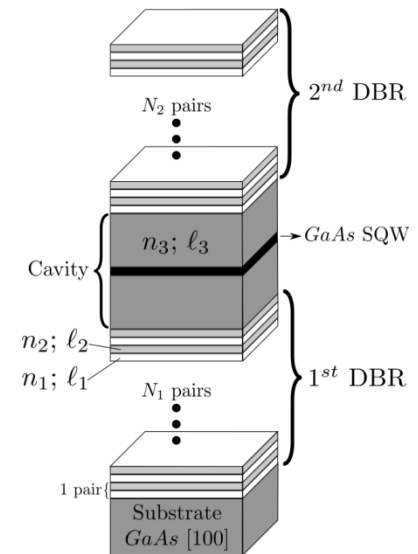


Fig. 7. Fitness curves of the case study.



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

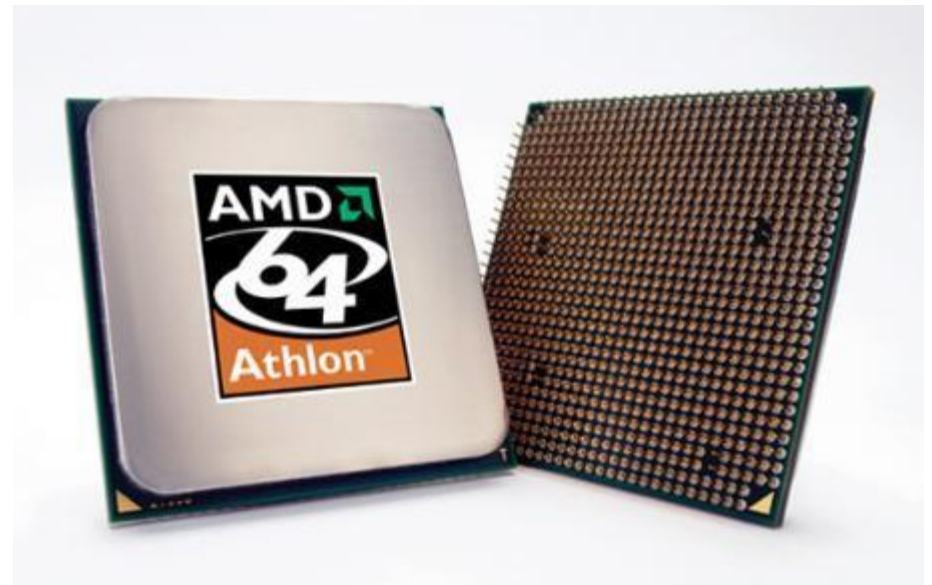
Física

Como é um Computador?

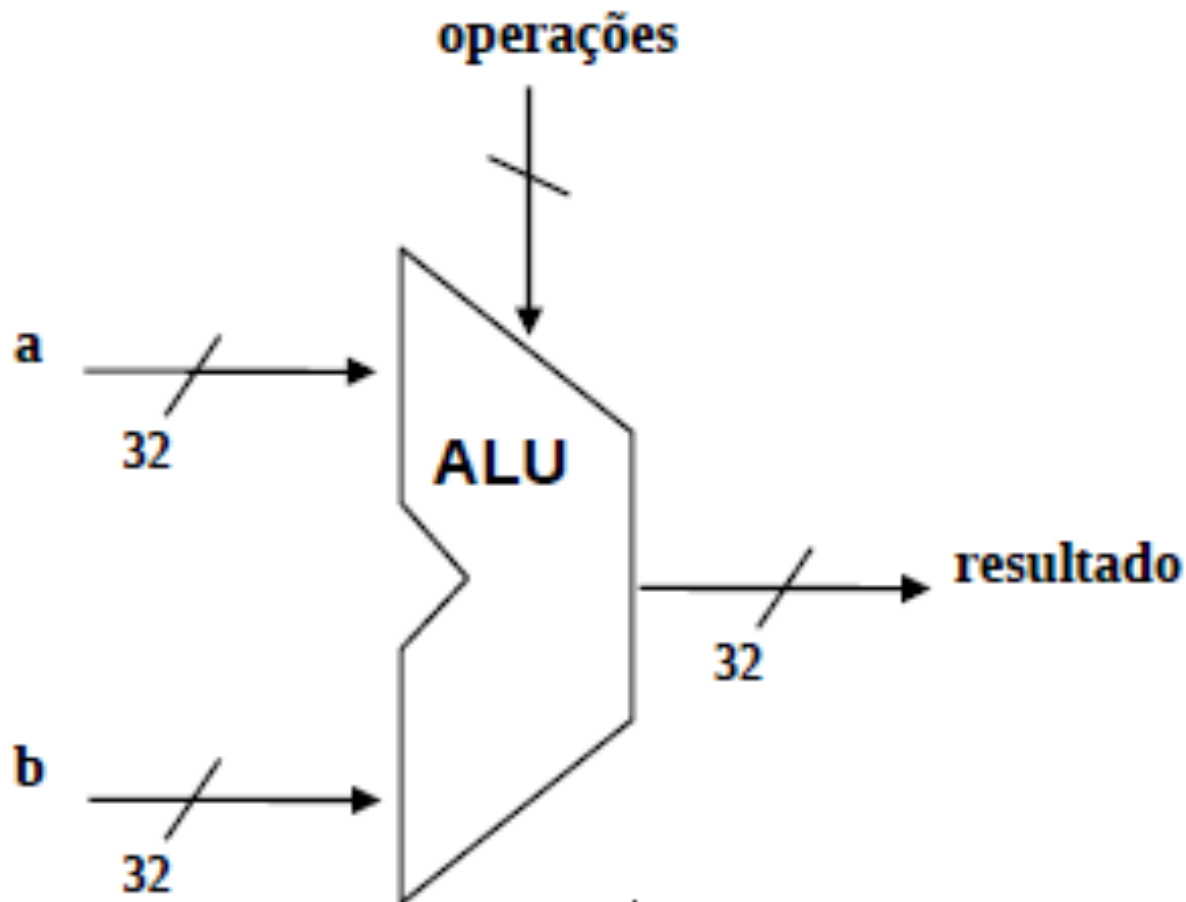


E o que tem aqui dentro?

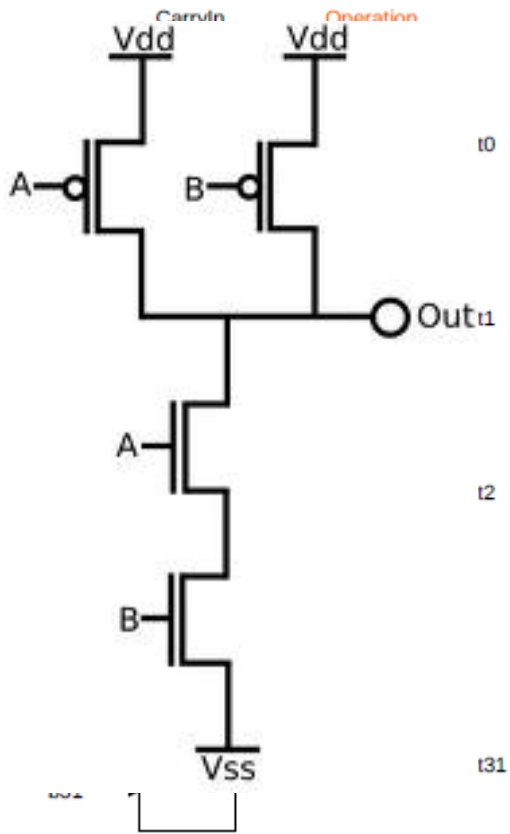
Como é um Computador?



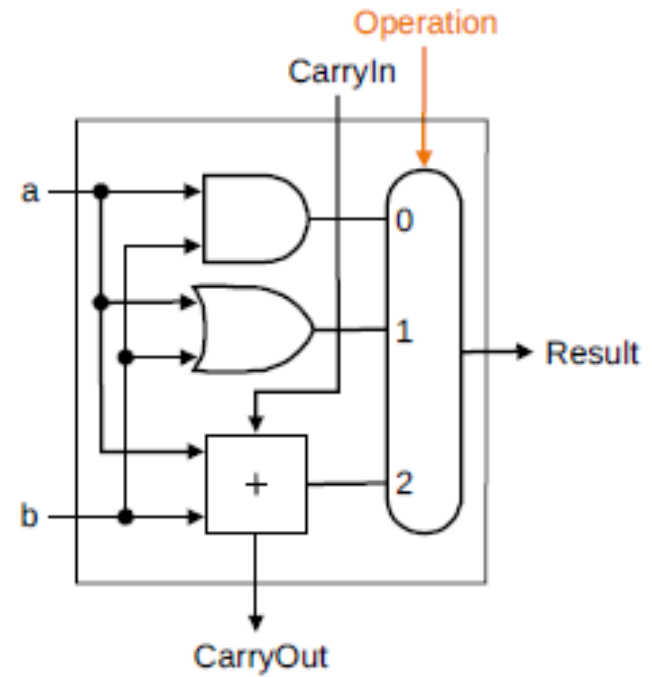
Como é um Computador?



Como é um Computador?

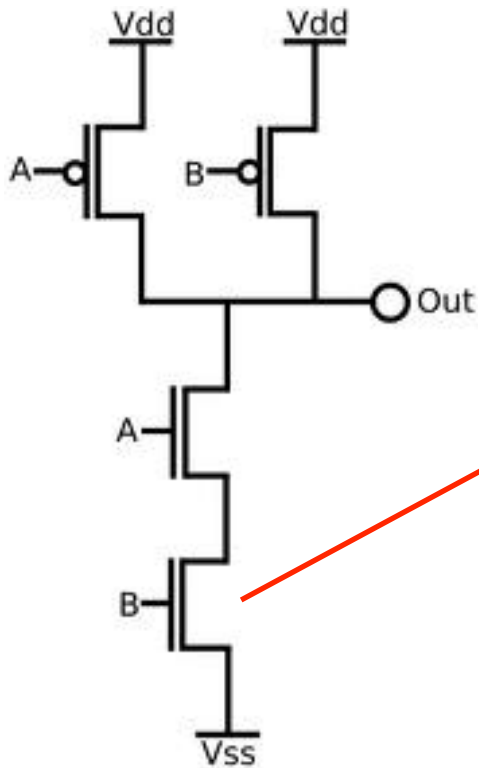


Porta de 1 Bit

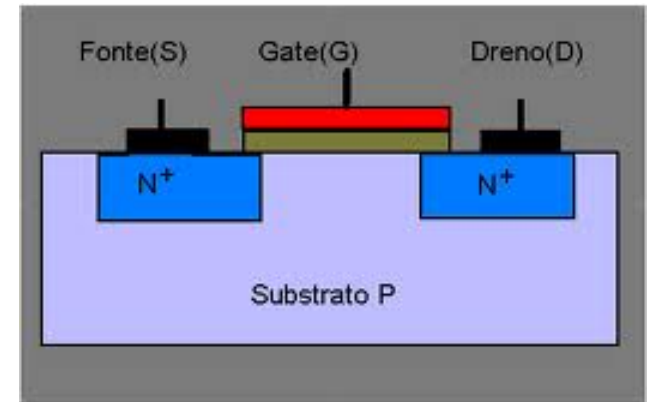


ALU de 1 Bit

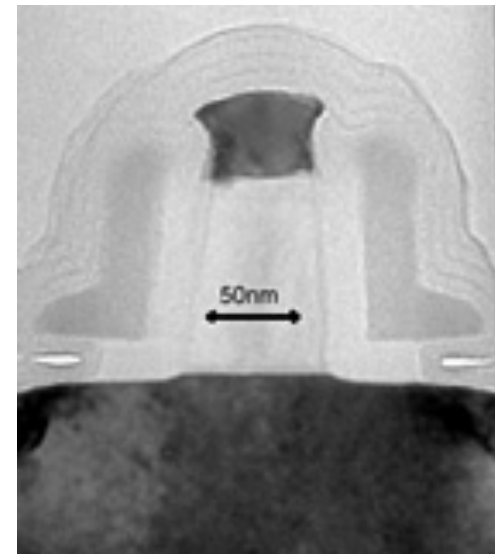
Como é o Transistor



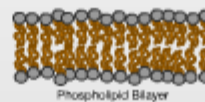
Porta NAND



Si policristalino Óxido de Si



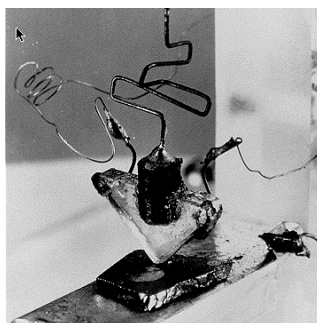
Como é o Transistor



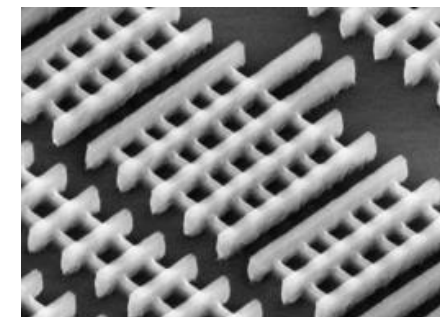
Miniaturização dos Componentes



Válvula



Primeiro Transistor



Transistor 3D – Intel
22nm

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

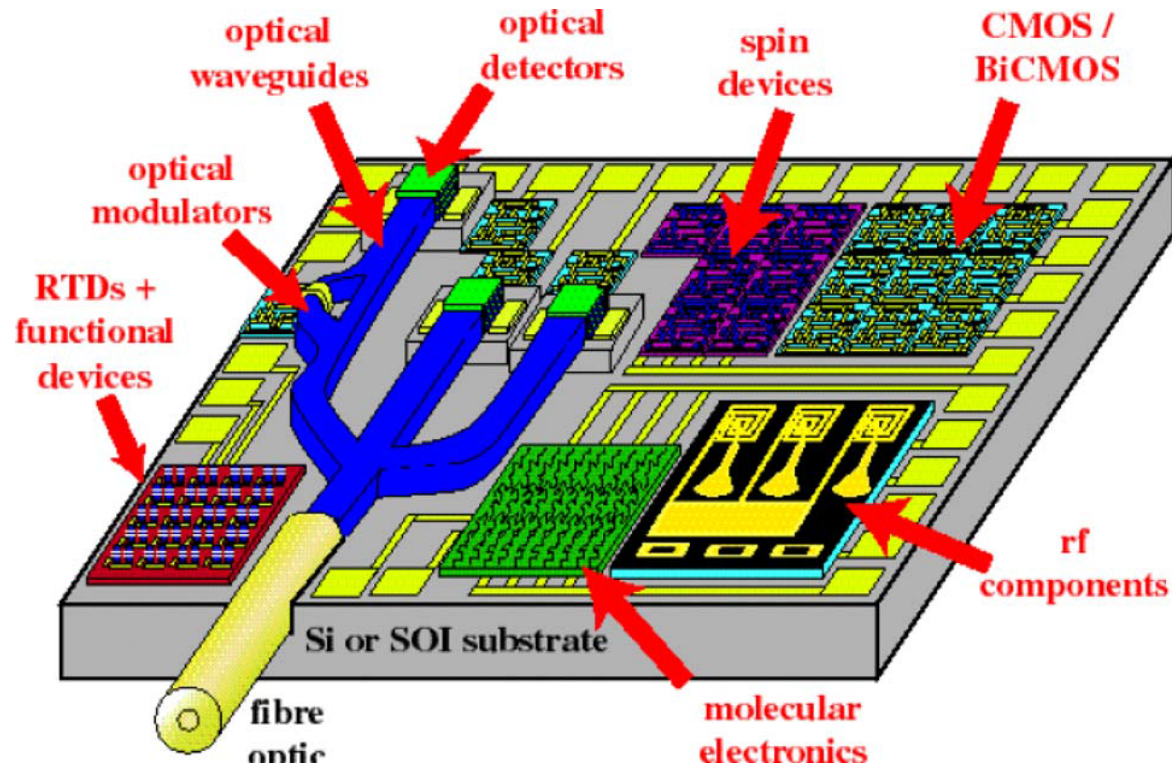
Expectativa de limite da Largura da Porta: **4,5 – 5,9nm**

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.

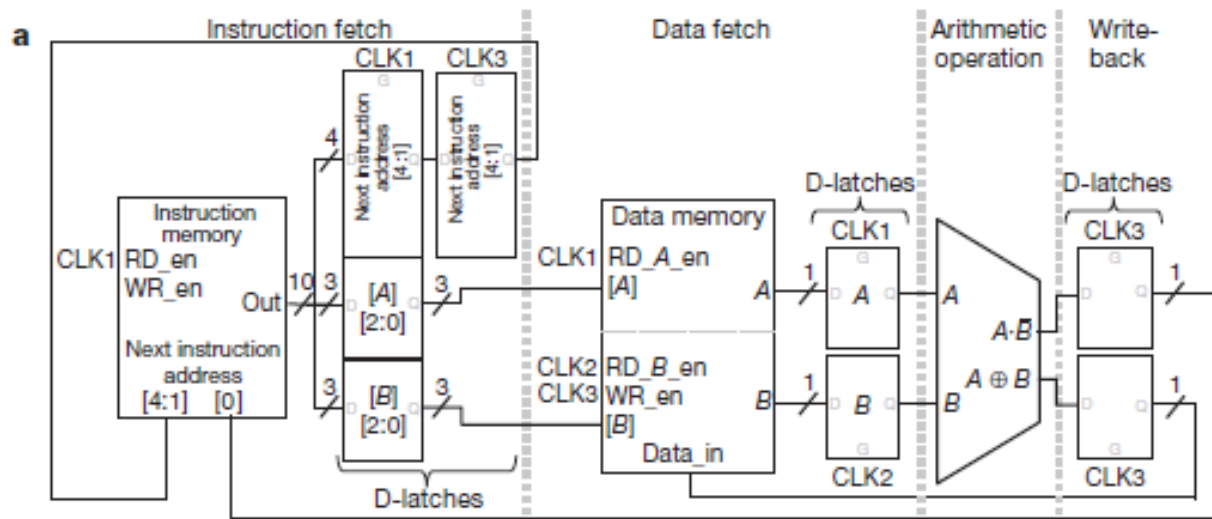
- Canais de Ge ou Semicondutores III-V;
- FET de Nanofios;
- Eletrônica com Carbono;
- Memristor;
- Eletrônica Molecular;
- Componentes Magnéticos;
- Sistemas Biológicos.

Como a Nanotecnologia pode Auxiliar a Computação?

LETTER

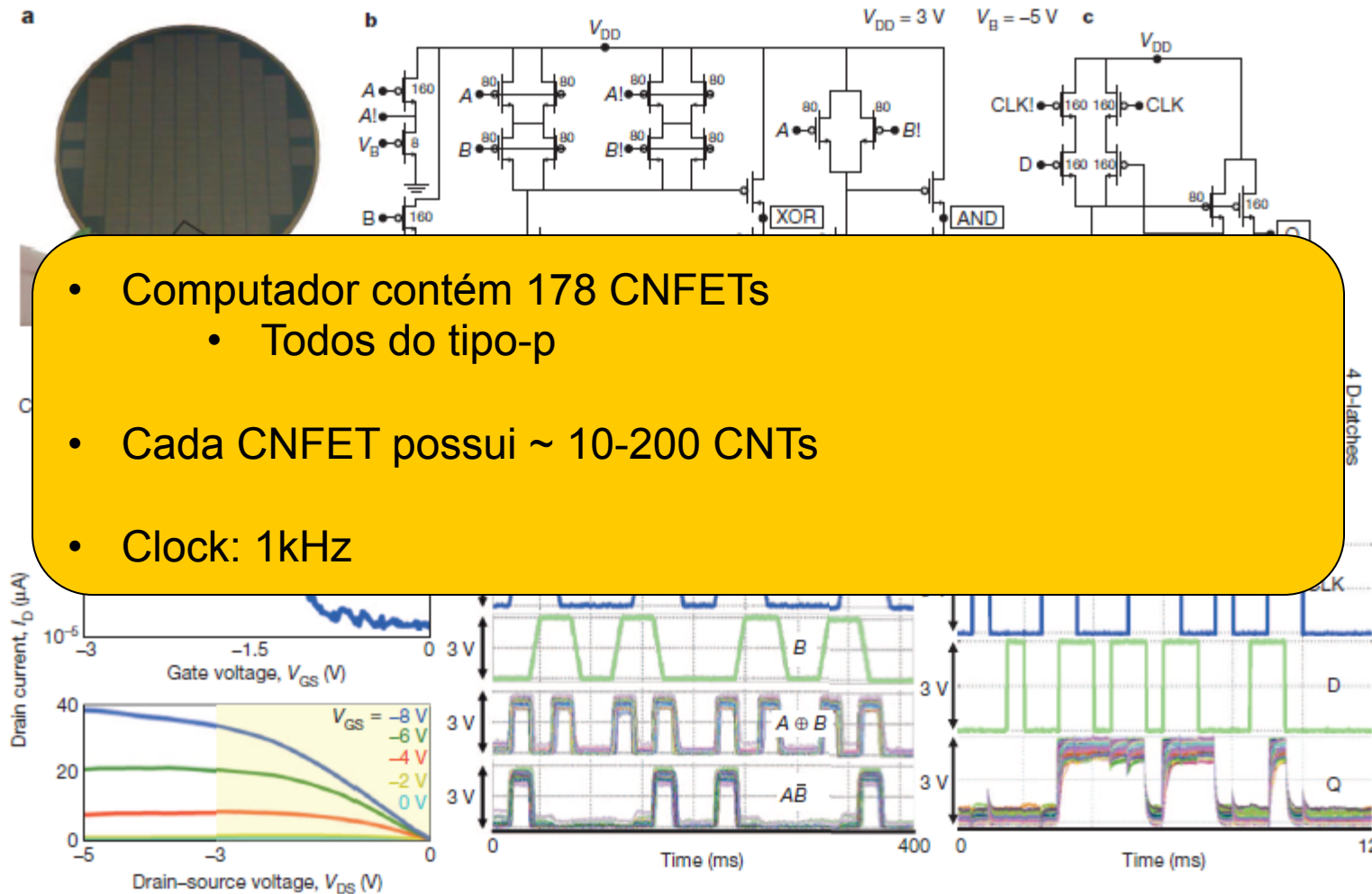
doi:10.1038/nature12502

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



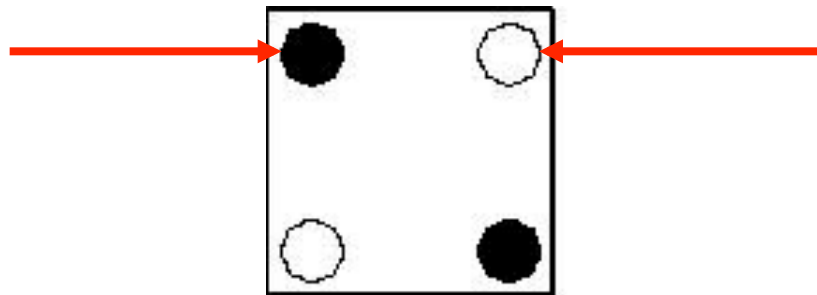
QCA

Circuitos são formados por células de pontos quânticos.

Uma célula contém:

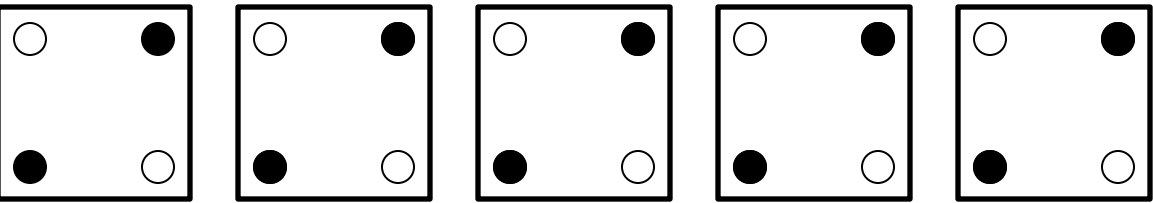
- **4 Pontos quânticos** – regiões fixas onde as cargas elétricas podem estar localizadas;
- cada ponto quântico possui **carga fixa** igual $1/2$ Coulomb;
- **2 cargas (elétrons) livres e móveis** – Podem tunelar entre os pontos quânticos da célula, mas nunca podem sair da célula.

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

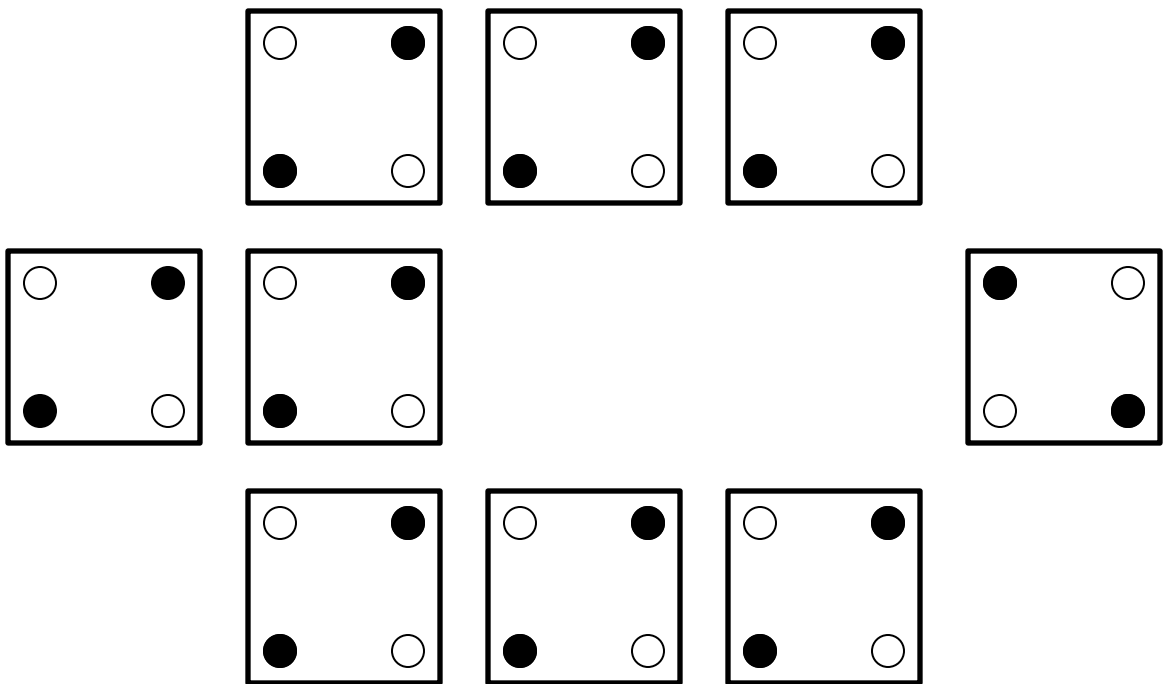


Ponto quântico
sem elétron
(carga = $1/2$ C)

QCA

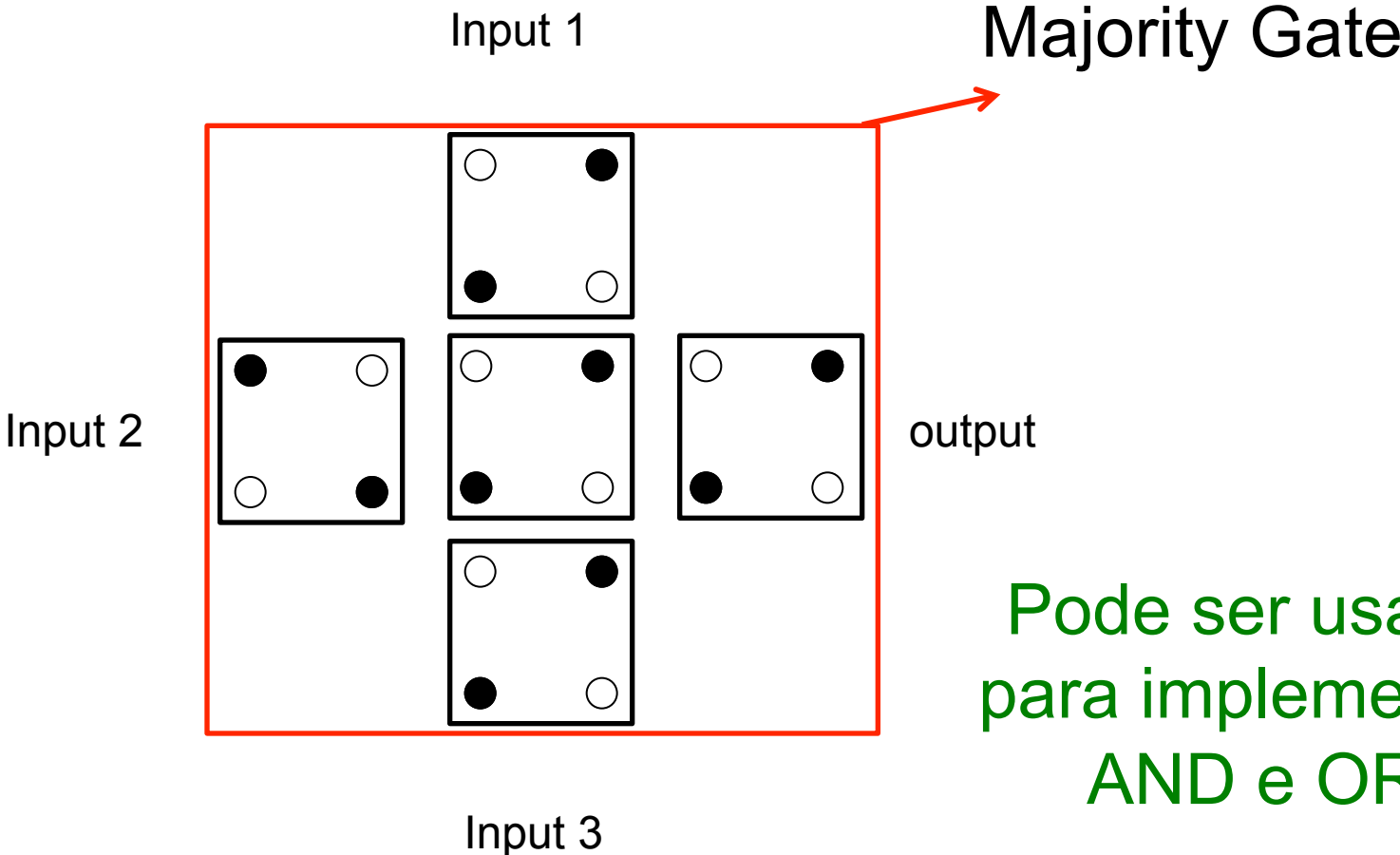


Fio



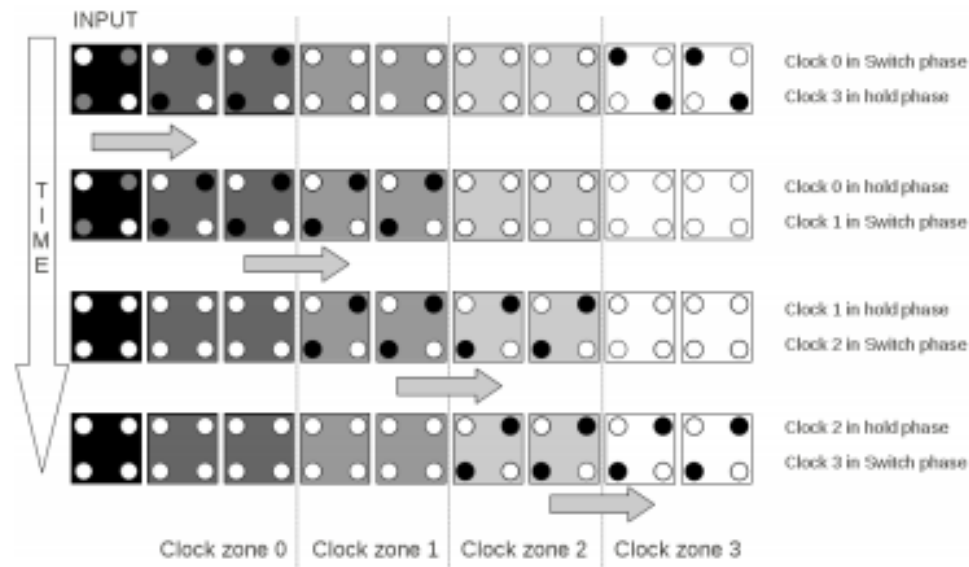
Inversor

QCA

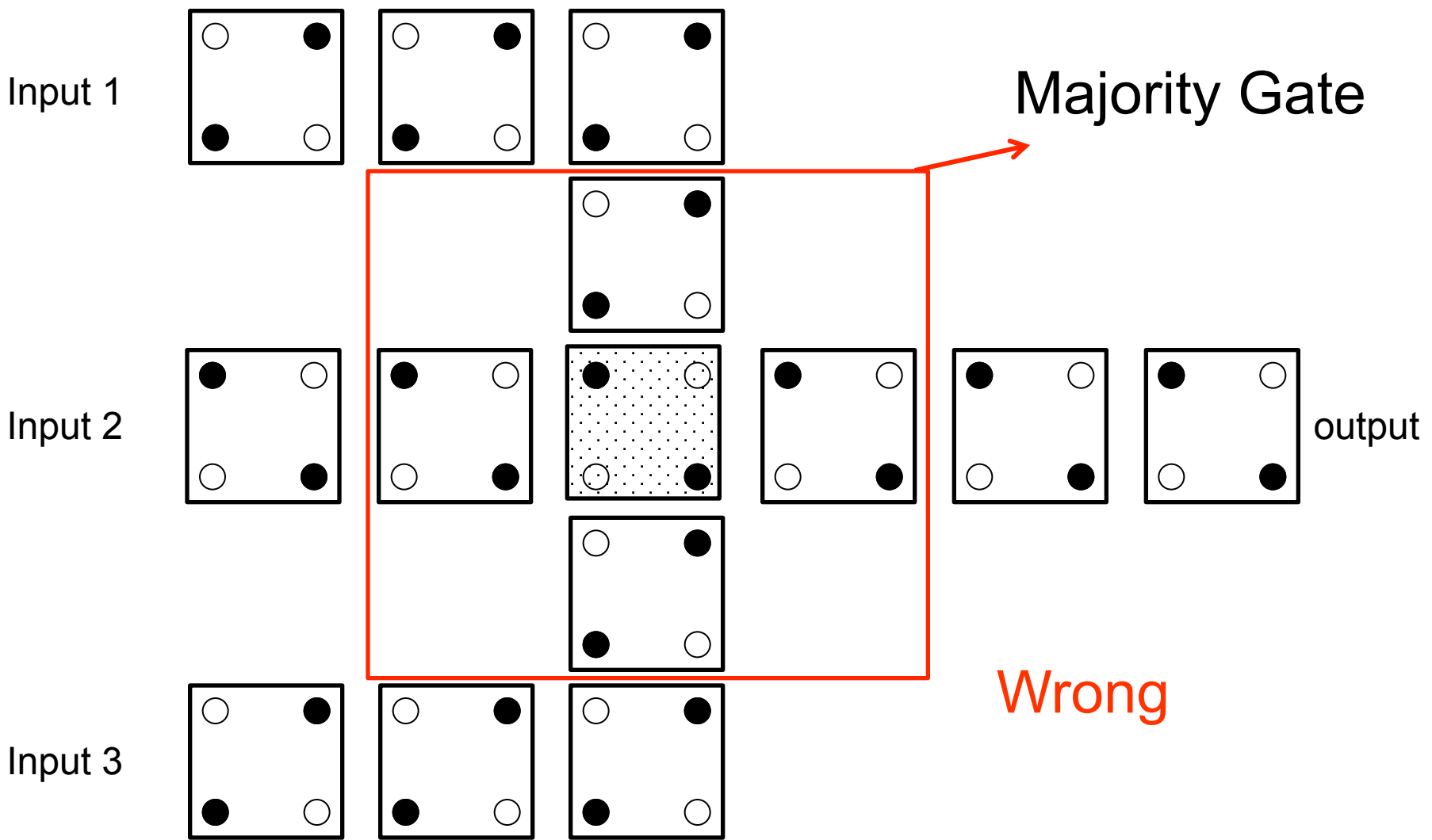


QCA

- 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.

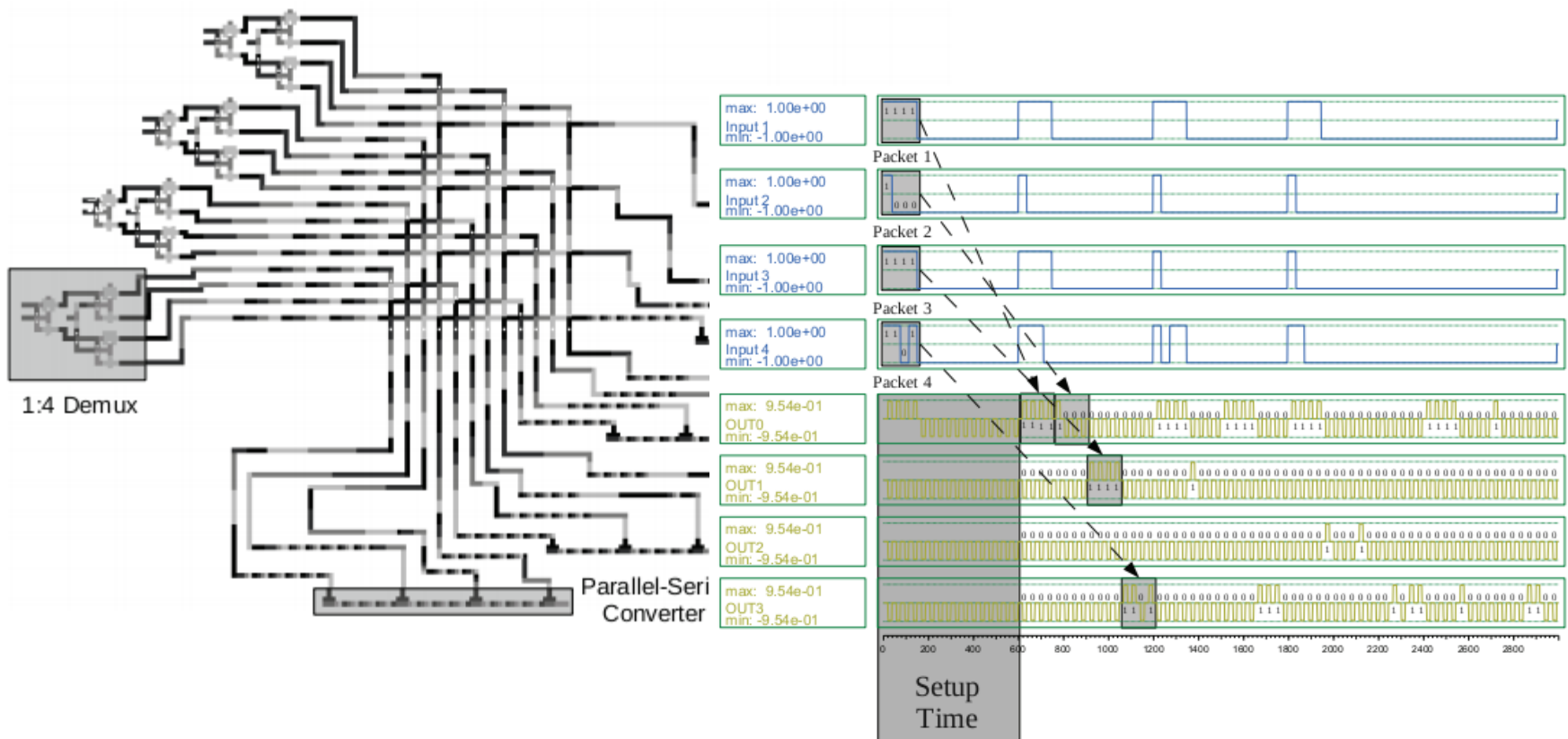


QCA

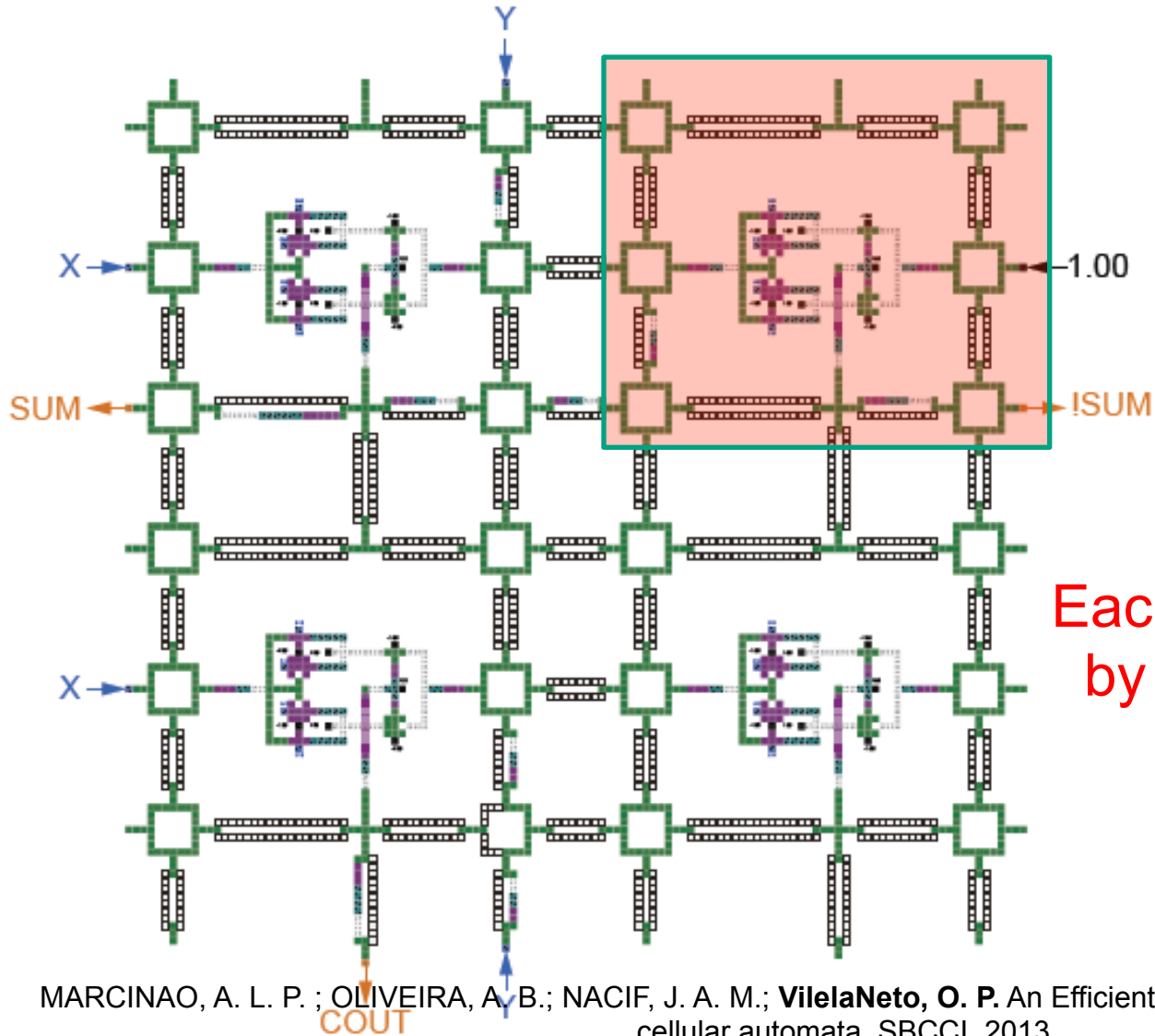


QCA

Nanorroteador



QCA



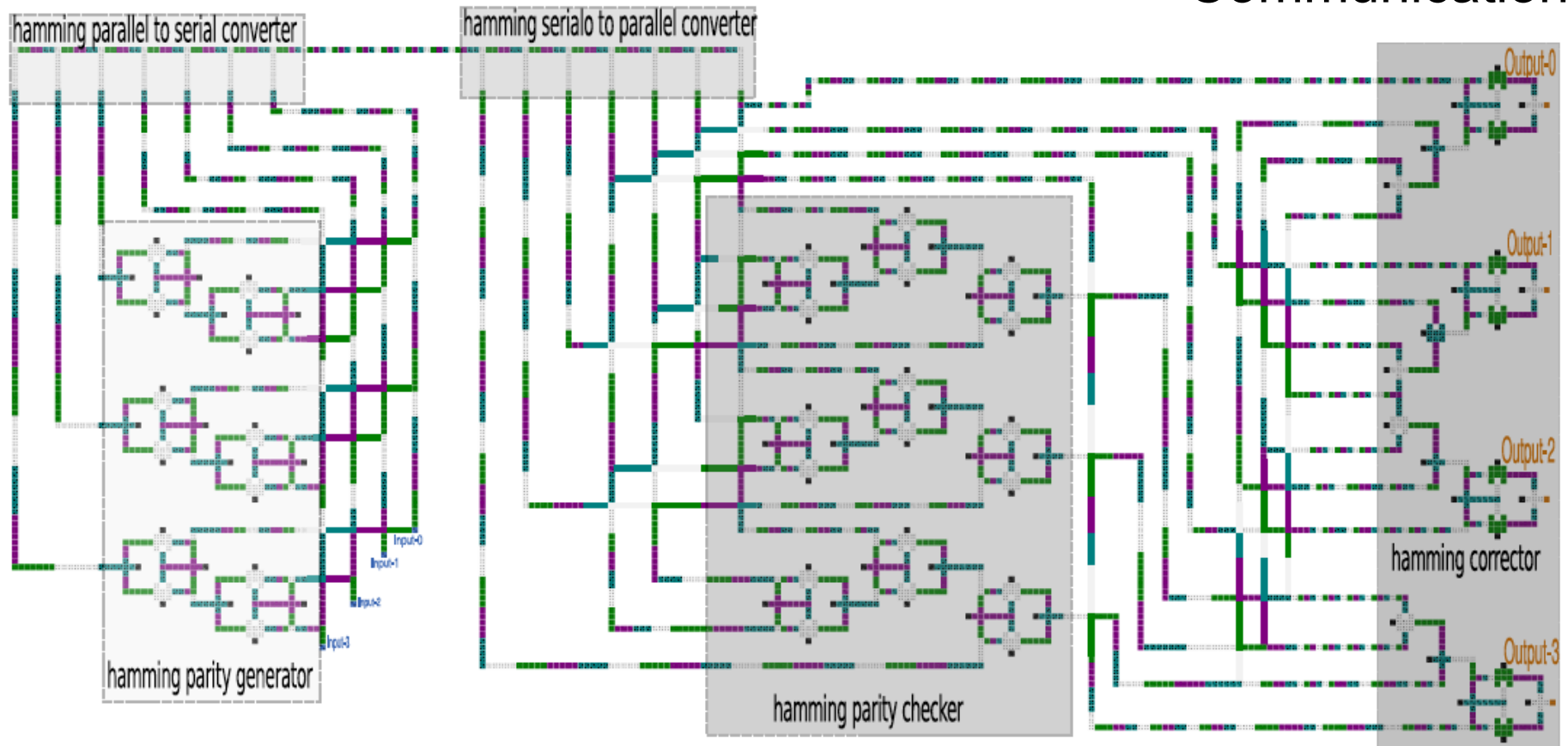
FPGA

Each CLB is surrounded by six routing squares

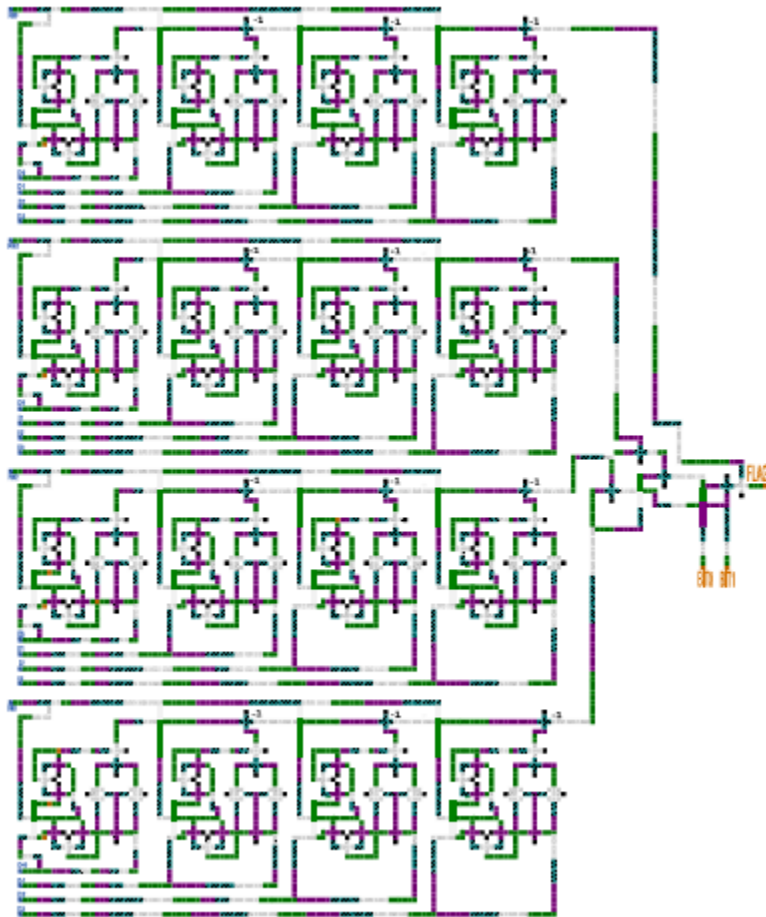
MARCINAO, A. L. P. ; OLIVEIRA, A. B.; NACIF, J. A. M.; **VilelaNeto, O. P.** An Efficient FPGA implementation in quantum-dot cellular automata. SBCCI, 2013.

QCA

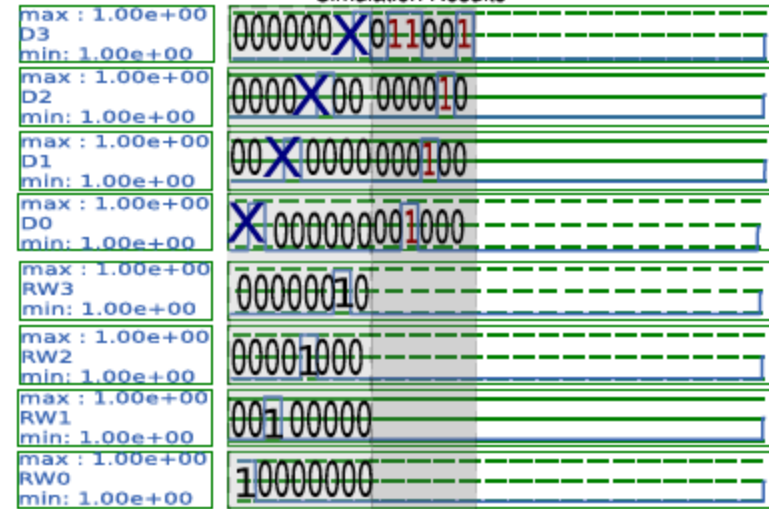
Nanodevices Communication



QCA

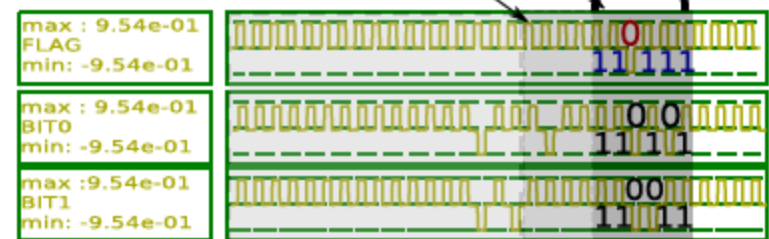


TCAM Memory



write data read data

flag 0: read miss
flag 1: read hit



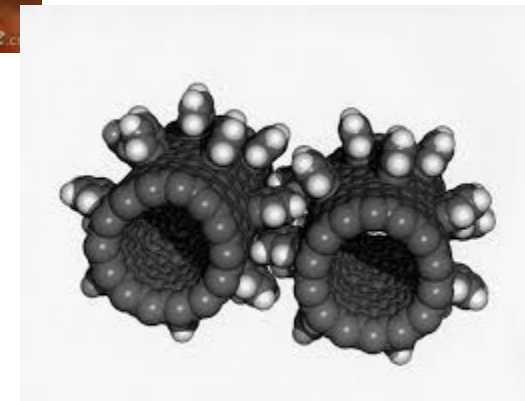
startup time Write Output read Output

Sumário

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

Motivação

Vamos miniaturizar os robôs?

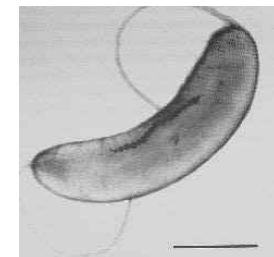
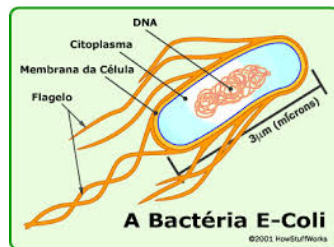
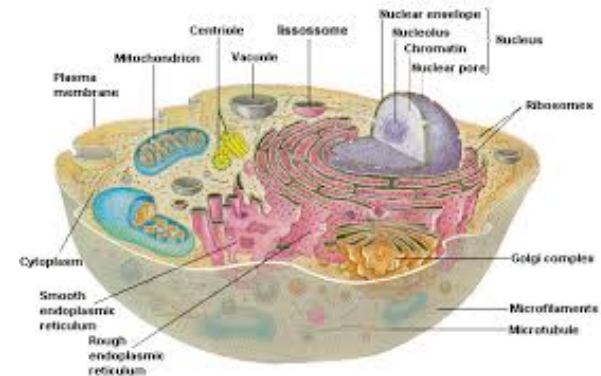


Quais as dificuldades?

- 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?

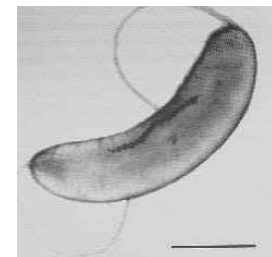
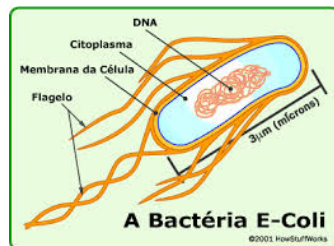
- Natureza é rica em nano e microestruturas;



Objetivo

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

Qualquer bactéria flagelada?



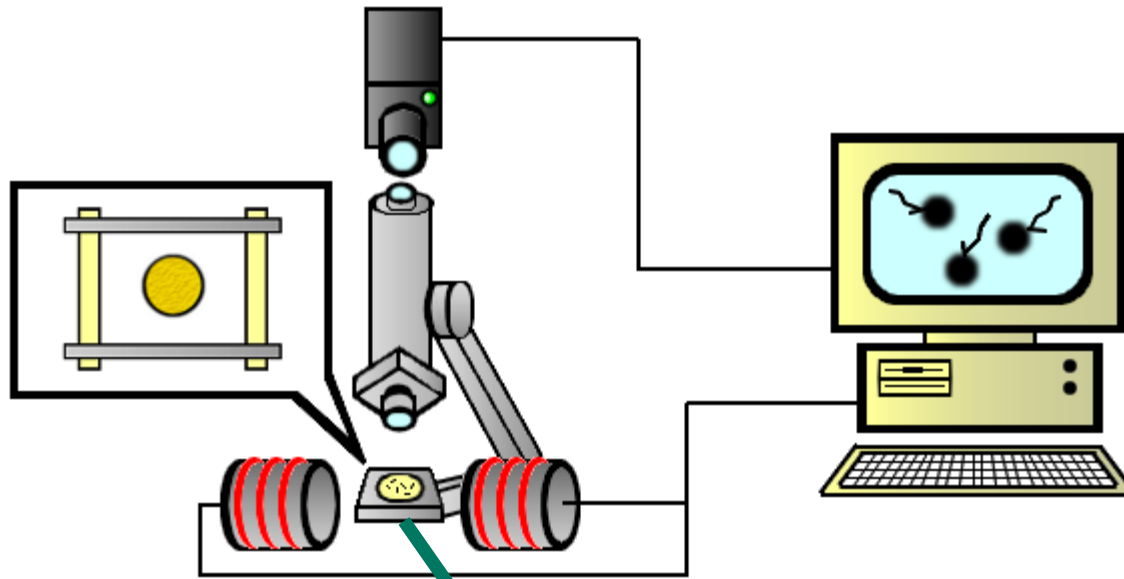
Bactérias Magnetotáticas

- 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

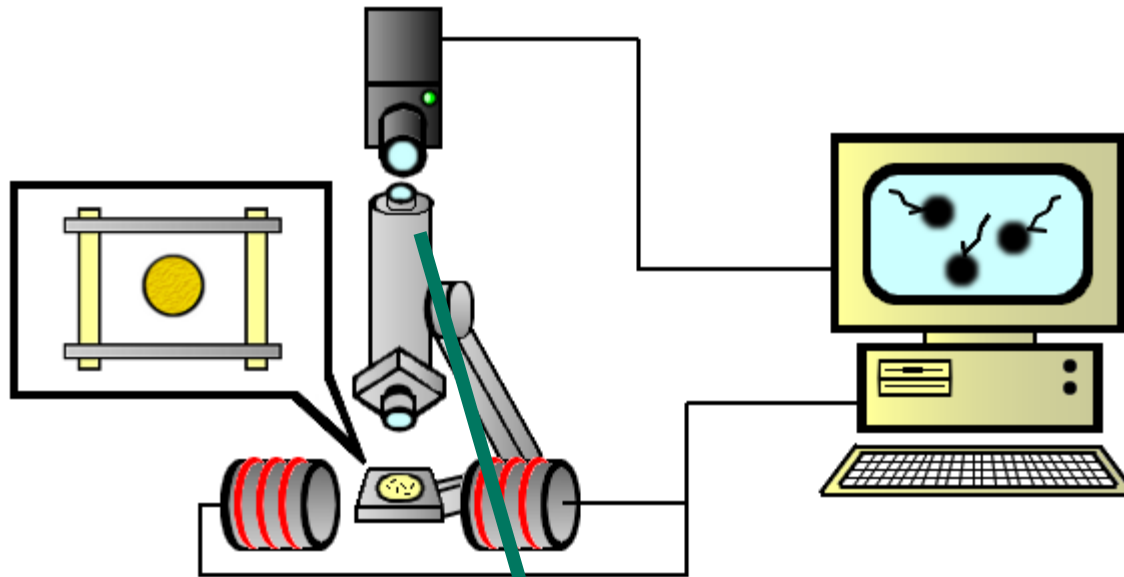


O Sistema



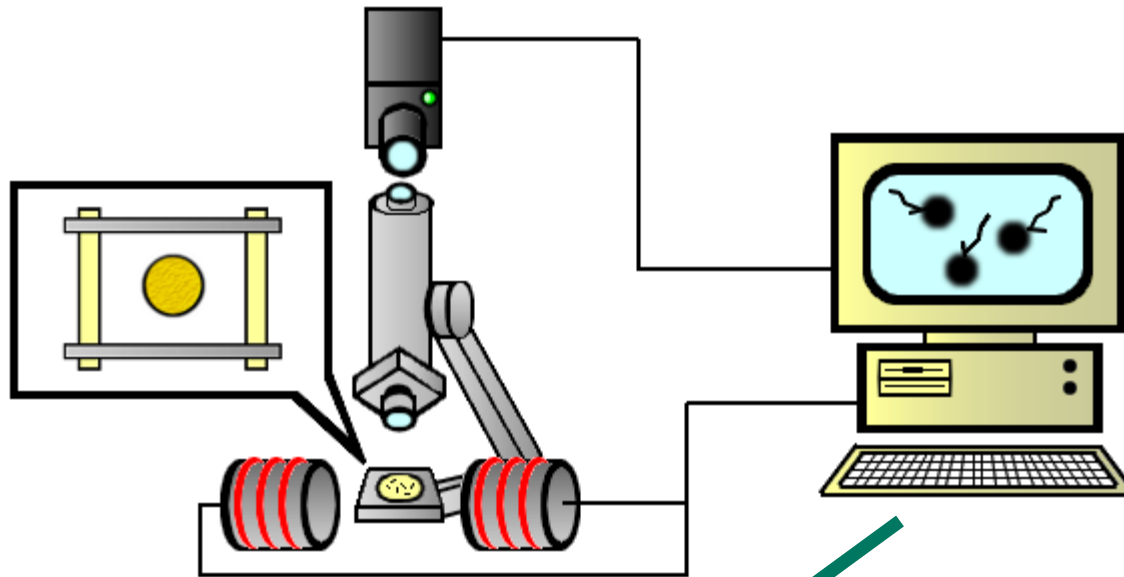
Bactérias

O Sistema



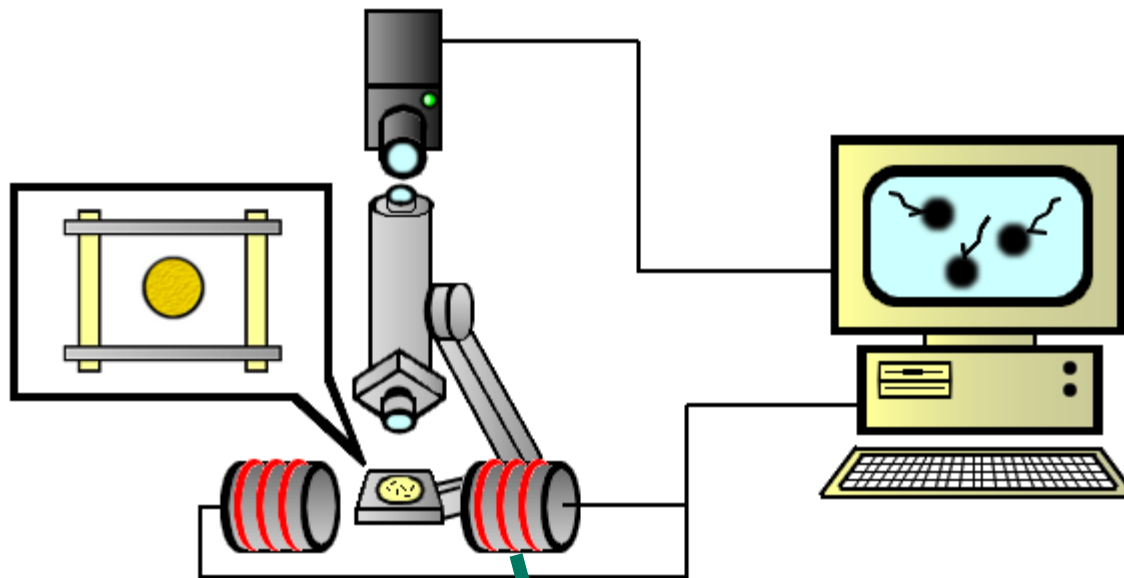
Microscópio e Câmera

O Sistema



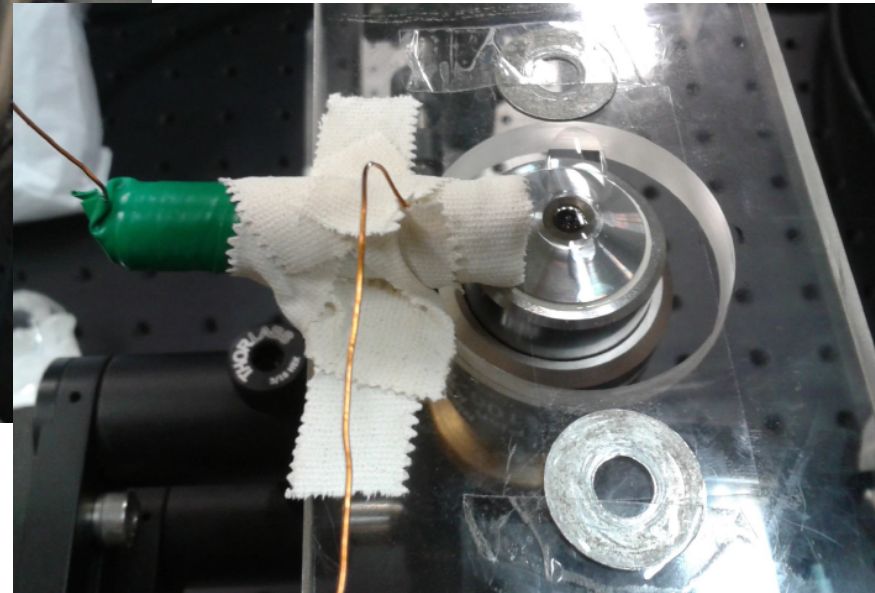
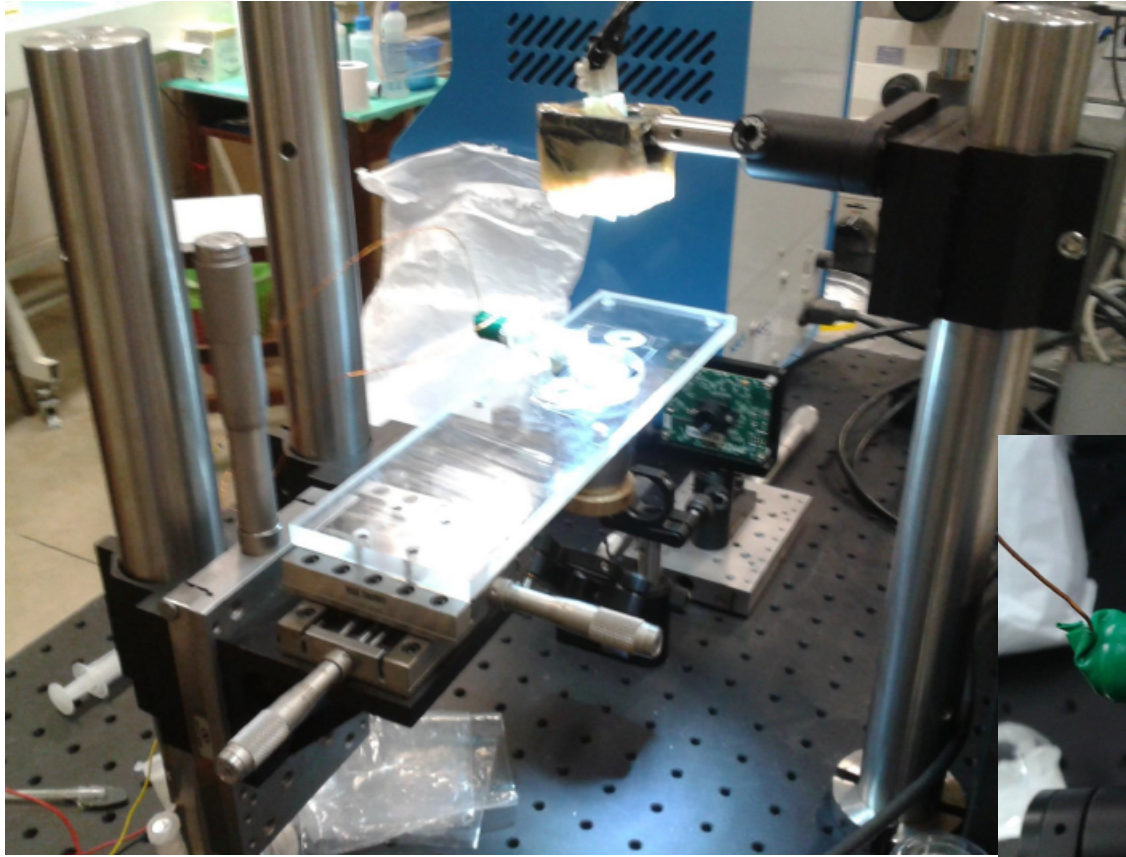
Computador (Algoritmo)

O Sistema

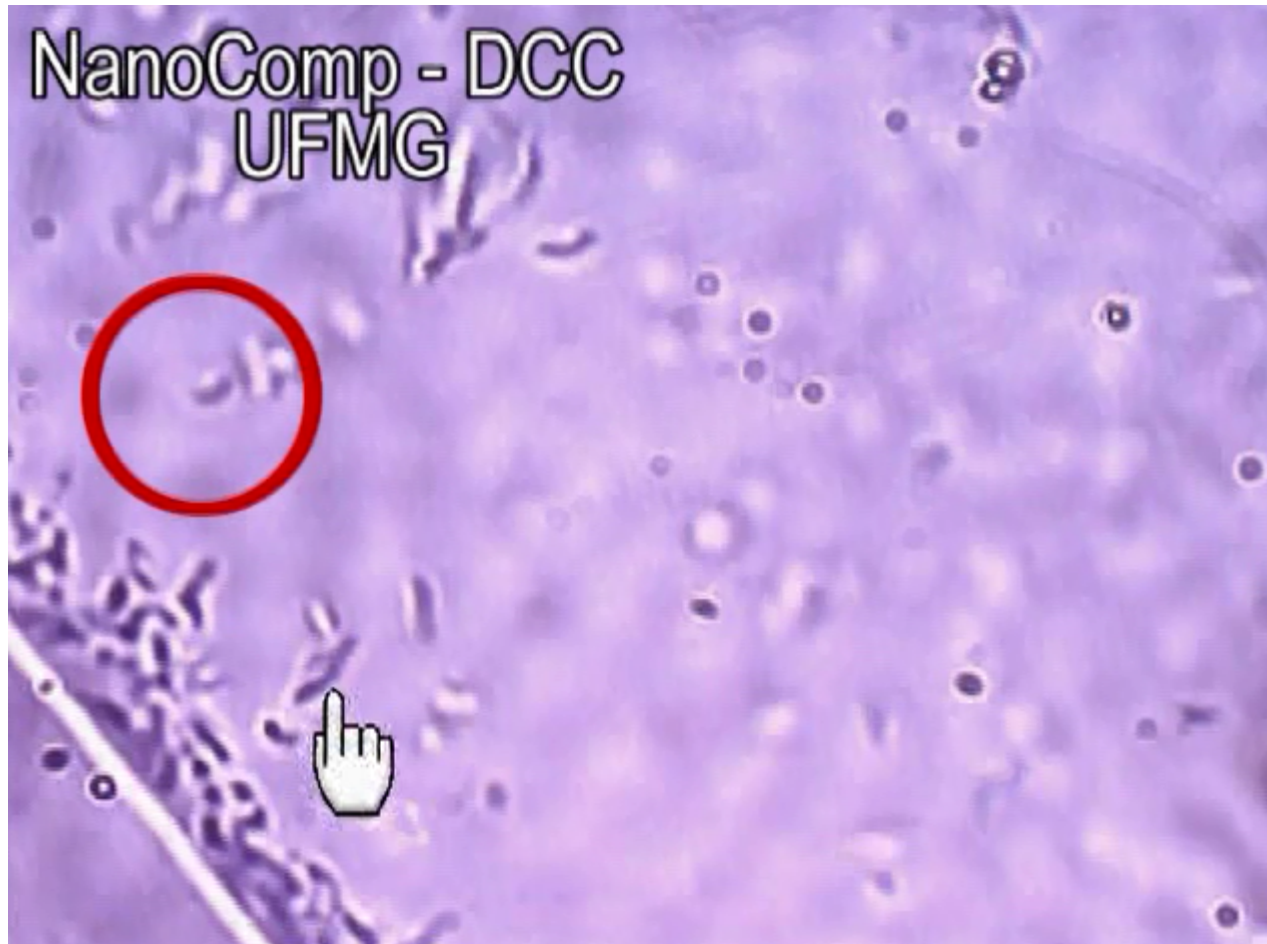


Bobina

O Microscópio



Resultado 1



Resultado



FIM

Omar Paranaiba Vilela Neto

omar@dcc.ufmg.br



Parnaíba, 14 de Novembro de 2014

