

Programação Multicore

Contexto e Motivação

Demetrios A. M. Coutinho - NADIC/IFRN

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

March 4, 2023



Agenda

Part 1 - Contexto e Motivação

Part 2 - **Paralelismo de Hardware e Software**

Part 3 - **Computação Paralela com OpenMP**

Part 4 - **Computação Paralela em Python**

Next

1 About us

2 Contexto

3 Motivação

4 Aplicações

IFRN

📍 Brasil - Rio Grande do Norte - Pau dos Ferros



🏛️ **UFRN:** 62-year old university. 40k students, 2.5k profs.

🏛️ **IMD/UFRN:** broad spectrum IT Institute, many graduate programs, startup incubation, technology park +70 companies

💻 Lab. of Parallel Architectures for Signal Processing¹

🎓 **Staff:** 5 UFRN Profs, 2 postdocs, visiting researchers

✍️ **Students:** 25 grads, half-a-dozen undergrads

🏛️ **Collaboration:** about a dozen established with other universities and companies around the globe

¹<http://lapps.imd.ufrn.br>

Núcleo de Análise de Dados e Inteligência Computacional

- ⚠ **Basic research:** high-performance computing, numerical algorithms, information theory, analysis of cyclostationary processes, data analytics, and machine learning.
- 💻 **Applied research:** high-performance geophysics, fault-tolerant computing for aerospace, parallel GNSS receivers, **energy-efficient parallel software**, energy-efficient communications, parallel scalability profiling tools, computational load balancing, block recursive matrix inversion, **software-performance and software-energy models**, correntropy, automatic classification of modulations, and channel and source encodings.

Subjects of today's tutorial

Next

1 About us

2 Contexto

3 Motivação

4 Aplicações

Paralelismo, Um conceito Familiar



Paralelismo, Um conceito Familiar



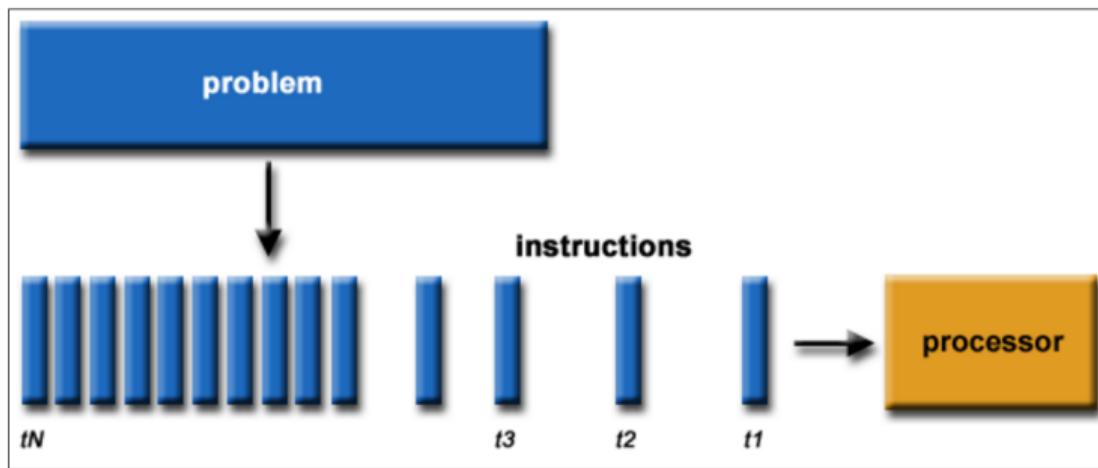
Embora familiares, essas formas de paralelismo são diferentes.

Paralelismo na computação



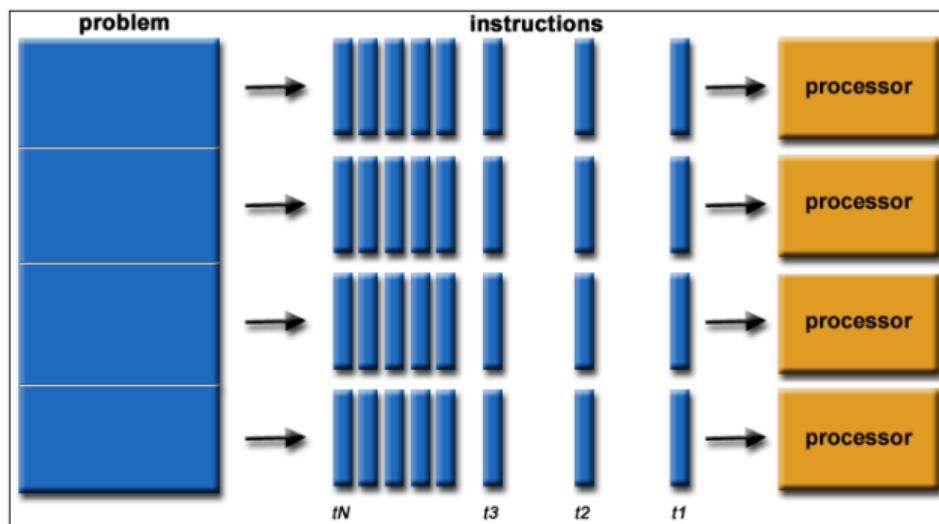
Paralelismo na computação

Figure: Problema Serial.



Paralelismo na computação

Figure: Problema Paralelo.



Next

1 About us

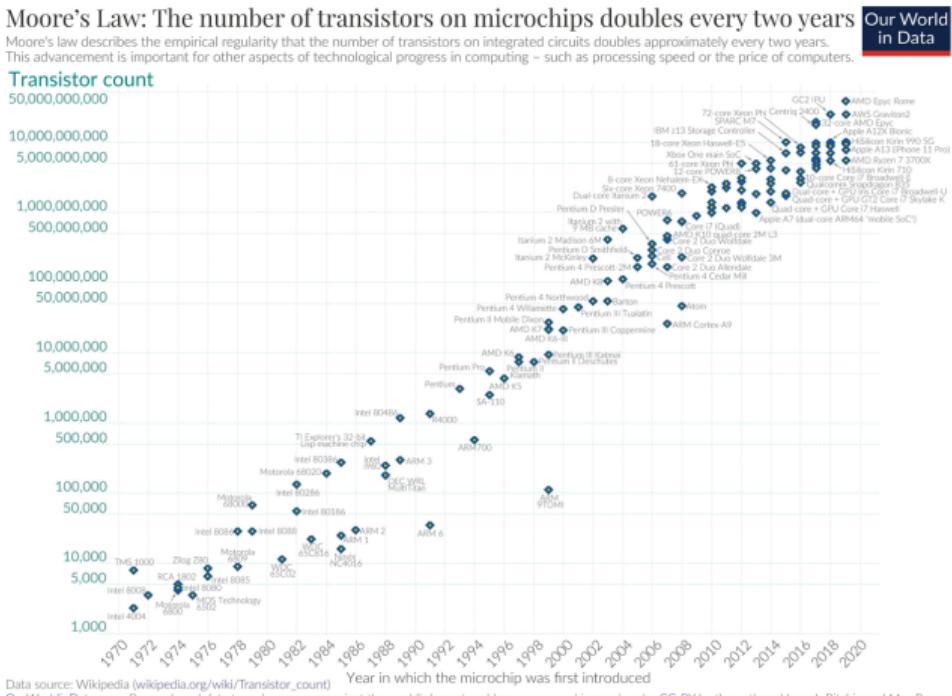
2 Contexto

3 Motivação

4 Aplicações

O que está acontecendo na computação?

Figure: Lei de Moore criada em 1965.



Lei de Moore

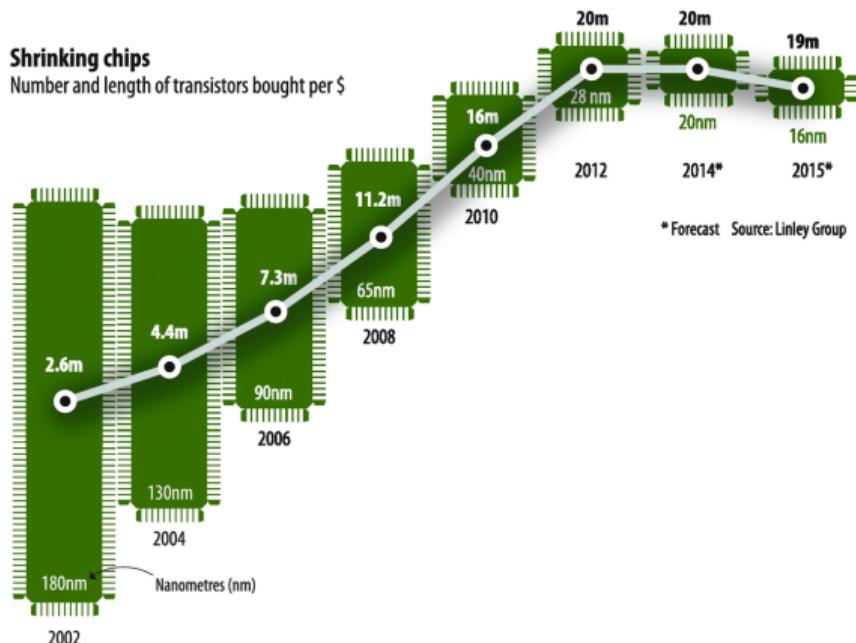
diz que a cada 1 ano e meio a quantidade de transistores dobraria.

O que está acontecendo na computação?

Shrink Chips

Assumia-se que quanto mais transistores em um chip maior desempenho era adquirido.

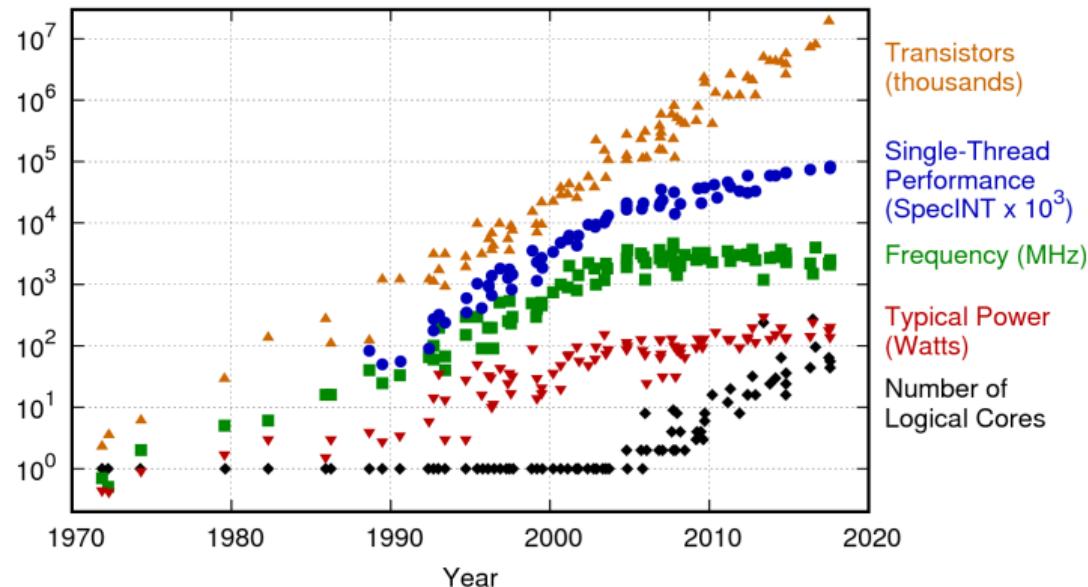
Figure: Diminuição do tamanho dos chips.



O que está acontecendo na computação?

Figure: Historical trends in CPU performance.

42 Years of Microprocessor Trend Data



Em meados dos anos 2000, a indústria percebeu que **single-core era impraticável**

Em 2030, 1 cm² de silício equivaleria a 1 cm² da superfície do sol.

O que está acontecendo na computação

Operação de software é um conceito bastante recente

Por décadas, o ideal era único núcleo, máxima frequência

⌚ Sistemas de núcleo único eram o padrão

≡ Sistemas paralelos negados pela Lei de Amdahl.

↗ Crescimento exponencial de desempenho:

- ▶ Lei de Moore → frequências de operação mais altas
- ▶ Melhor ILP, caches, out-of-order, hw threads

⚡ Energia foi mantida em níveis aceitáveis e controlados

🚀 Densidade de energia aumentada por

- ▶ Frequências de operação mais altas
- ▶ Lei de Moore: transistores menores

☞ Dissipação de energia (e calor) controlada por

- ▶ Avanços em sistemas de refrigeração; aumento na potência geral do sistema.
- ▶ Lei de Moore: transistores menores → menos dissipação de energia por transistor.

O que está acontecendo com a computação

Na metade dos anos 2000, a indústria percebeu que **o uso de um único núcleo era impraticável**

Em 2030, 1 cm² de silício → 1 cm² da superfície do sol.

A era dos **múltiplos núcleos** nasceu

- ▶ Crescimento **sustentado** do desempenho nominal do hardware.
 - ▶ Mais núcleos de processamento → mais **desempenho nominal**.
- ▶ O **software** se torna o **principal responsável** por transformar
 - ▶ O desempenho **nominal** em desempenho **real**.

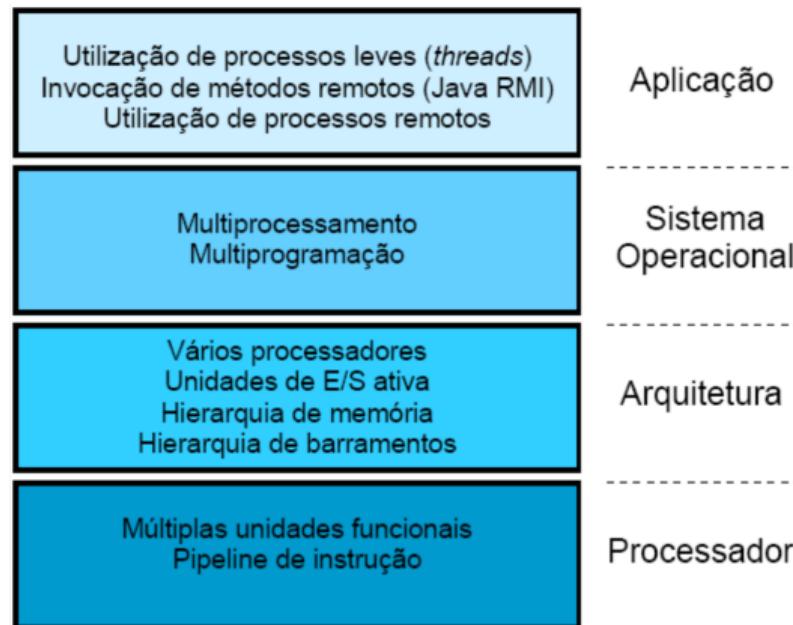
Computação paralela se torna uma necessidade ao invés de uma alternativa



Núcleo de Análise de Dados e
Inteligência Computacional

Níveis de Exploração de Paralelismo

Figure: Exploração de paralelismo está presente nos diversos níveis de um sistema.



Em última análise, o hardware é **controlado por** software.

It's not a piece of cake!

- ▶ Programas de computador paralelos são mais difíceis de programar que sequenciais!
- ▶ Introduz diversas novas classes de armadilhas potenciais que podem ocorrer.
- ▶ **Sincronização x Computação**

Next

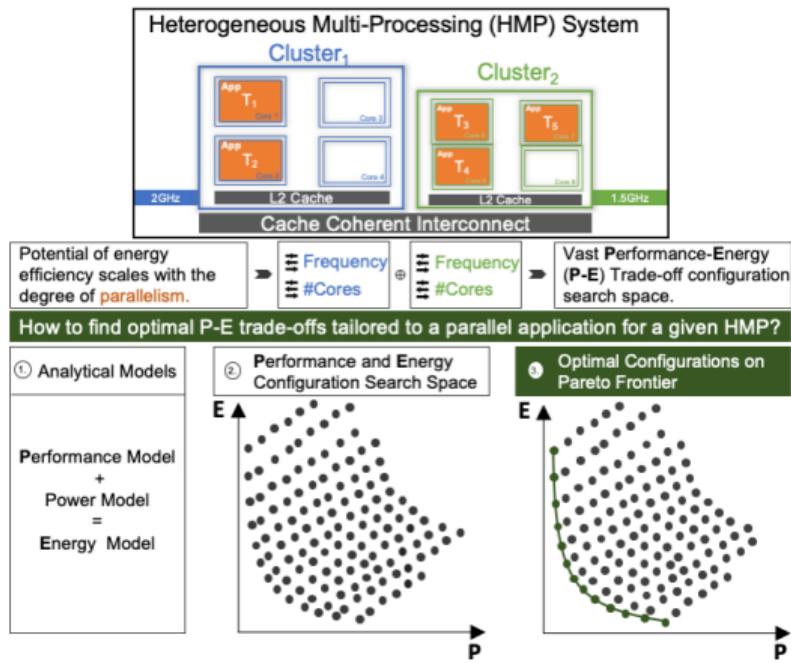
1 About us

2 Contexto

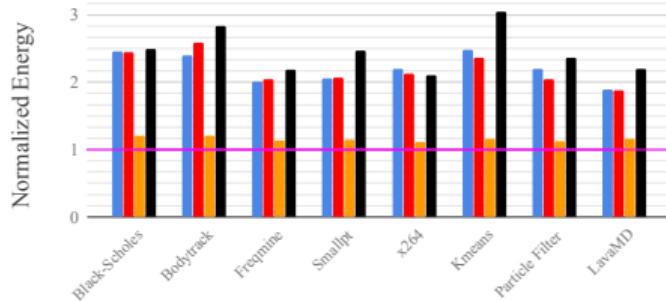
3 Motivação

4 Aplicações

Performance and Energy Trade-offs



■ Performance Gov. ■ Ondemand Gov. ■ Powersave Gov. ■ MPHP ■ MPLE



■ Performance Gov. ■ Ondemand Gov. ■ Powersave Gov. ■ MPLE ■ MPHP

