

# Coisa é o Cálculo Paralelo e o High Performance Computing (HPC)

<https://github.com/leodecarlo/TechWeb25>

Leonardo De Carlo (For a complete introduction:  
<https://hpc.llnl.gov/documentation/tutorials/introduction-parallel-computing-tutorial> and for more material <https://hpc-tutorials.llnl.gov/>)

CopeLab: AI and Complexity, Universidade Lusófona

20 de março de 2025

# Cálculo de $\pi$ (Método de Monte Carlo)

- Inscreva um círculo de raio  $r$  (área  $\pi r^2$ ) dentro de um quadrado de lado  $2r$  (área  $4r^2$ ).
- A razão entre a área do círculo e a do quadrado é:

$$\frac{\pi r^2}{4r^2} = \frac{\pi}{4};$$

- Gerando aleatoriamente  $N$  pontos dentro do quadrado, aproximadamente:

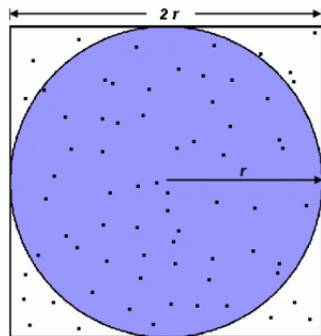
$$N \times \frac{\pi}{4};$$

desses pontos ( $M$ ) devem cair dentro do círculo.

- Assim,  $\pi$  pode ser aproximado por  $N \times \frac{\pi}{4} = M$ , então

$$\pi = 4 \times \frac{M}{N};$$

- Quanto maior o número de pontos gerados, melhor a aproximação.



$$A_S = (2r)^2 = 4r^2$$

$$A_C = \pi r^2$$

$$\pi = 4 \times \frac{A_C}{A_S}$$

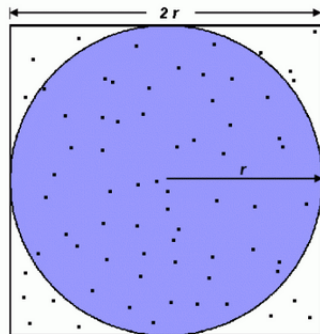
# Pseudocódigo Serial

## Pseudocódigo Serial:

```
npoints = 10000
circle_count = 0

do j = 1, npoints
  generate 2 random numbers between 0 and 1
  xcoordinate = random1
  ycoordinate = random2
  if (xcoordinate, ycoordinate) inside circ
    circle_count = circle_count + 1
  end do
```

```
PI = 4.0*circle_count/npoints
```



$$A_S = (2r)^2 = 4r^2$$

$$A_C = \pi r^2$$

$$\pi = 4 \times \frac{A_C}{A_S}$$

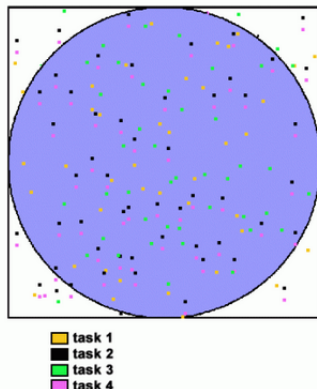
# Paralelização do Algoritmo

## Extensão para Paralelismo:

- A contagem de  $N$  pontos é dividida entre os  $n$  *workers*(unidades computacionais), cada um processando uma parte da tarefa:  $N/n$  pontos .
- Cada *worker* calcula quantos pontos caem no círculo dentro do seu subconjunto.
- O *master* recebe os resultados de todos os *workers* e computa  $\pi$ .

## Observações:

- O cálculo de cada *worker* é independente, ou seja, não precisa saber o que acontece com os outros. Em geral, isso não ocorre, pois muitas computações exigem comunicação entre *workers*.
- O cálculo no passo de tempo  $n$  não depende dos passos anteriores. Isso é essencial para que a paralelização seja possível.



Calculating pi in parallel

# Pseudocódigo Paralelo (Visão Geral)

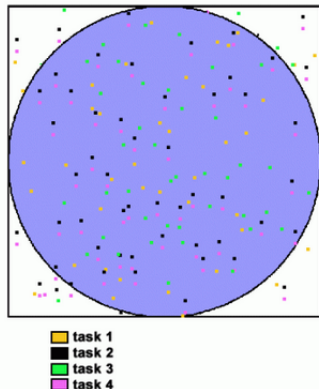
## Pseudocódigo Paralelo:

```
npoints = 10000
circle_count = 0
p = number_of_tasks
num = npoints / p

find out if I am MASTER or WORKER

do j = 1, num
  generate random x, y in [0,1]
  if inside_circle(x,y)
    circle_count = circle_count + 1
  end do

if I am MASTER
  receive circle_counts from WORKERS
  compute  $PI = 4.0 * (total\_circle\_count) / npoints$ 
else
  send circle_count to MASTER
end if
```



Calculating pi in parallel

# Paralelização em Algoritmos Dependentes do Tempo

Muitas vezes, um algoritmo dependente de passos anteriores pode ser "*paralelizado*".

Sequência de Fibonacci (0,1,1,2,3,5,8,13,21,...), usando a fórmula:

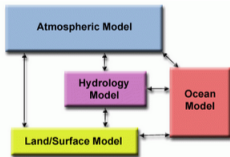
$$F(n) = F(n-1) + F(n-2)$$

O cálculo do valor  $F(n)$  depende dos valores de  $F(n-1)$  e  $F(n-2)$ , que devem ser computados primeiro. Um algoritmo paralelo para resolver esse problema é usar a **fórmula de Binet**:

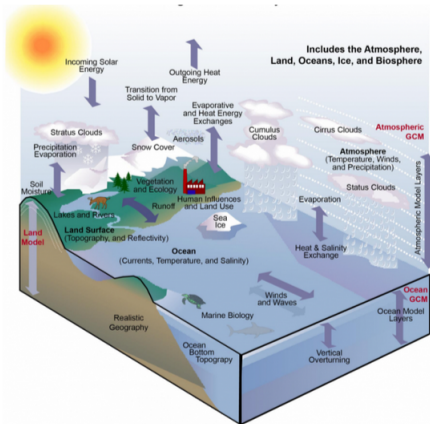
$$F_n = \frac{\varphi^n - (-\varphi)^{-n}}{\sqrt{5}} = \frac{\varphi^n - (-\varphi)^{-n}}{2\varphi - 1}, \quad \varphi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1.6180339887 \dots$$

## Climate Modeling

Each model component can be thought of as a separate task. Arrows represent exchanges of data between components during computation: the atmosphere model generates wind velocity data that are used by the ocean model, the ocean model generates sea surface temperature data that are used by the atmosphere model, and so on.

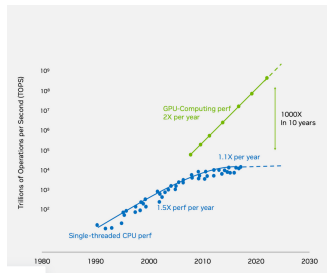
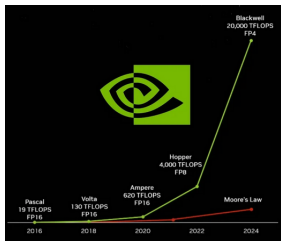


Climate modeling



# High Performance Computing(HPC)

O cálculo paralelo está vivendo um momento de destaque com as últimas gerações de Graphic Processing Units (GPUs): uma capacidade de cálculo surpreendente no momento em que a Lei de Moore está chegando ao fim.



Suceso graças a conjunta chegada de performante I/O datastorage: massivo investimento da União Europeia (UE) em centros de HPC, [EuroHPC](#) (Resta provar que não estamos so enriquecendo os americanos: devido ao intenso I/O das GPUs, as vantagens dos clusters de GPUs(respeito CPUs) precisam ser demonstradas na maioria das situações (e.g. em ssimulações físicas)).

Essa nova tecnologia é a base para a explosão da popularização da inteligência artificial (AI). Outra aplicação de destaque é o uso de gêmeos digitais e simulações para a indústria.