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

https://github.com/leodecarlo/TechWeb25

Leonardo De Carlo (For a complete Tutorial: *https://hpc.llnl.gov/documentation/tutorials/introduction-parallel-computing-tutorial*)

CopeLab: AI and Complexity, Universidade Lusófona

18 de março de 2025

Cálculo de π (Método de Monte Carlo)

- Inscreva um círculo de raio r (área πr^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:

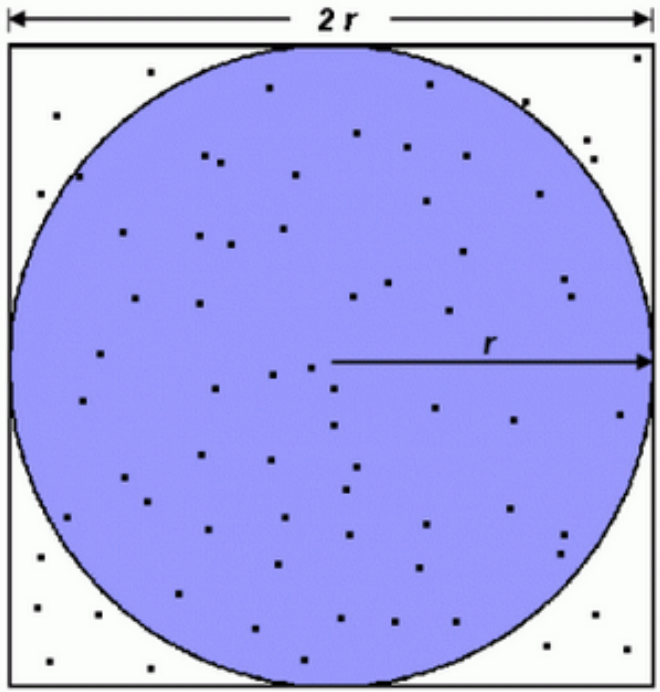
$$N \times \frac{\pi}{4};$$

desses pontos (M) devem cair dentro do círculo.

- Assim, π 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.



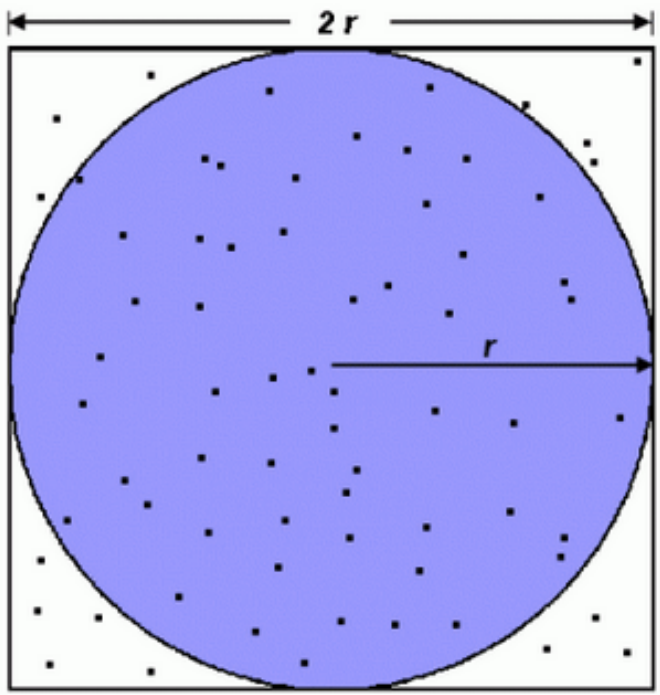
Pseudocódigo Serial

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
```



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

$$A_C = \pi r^2$$

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

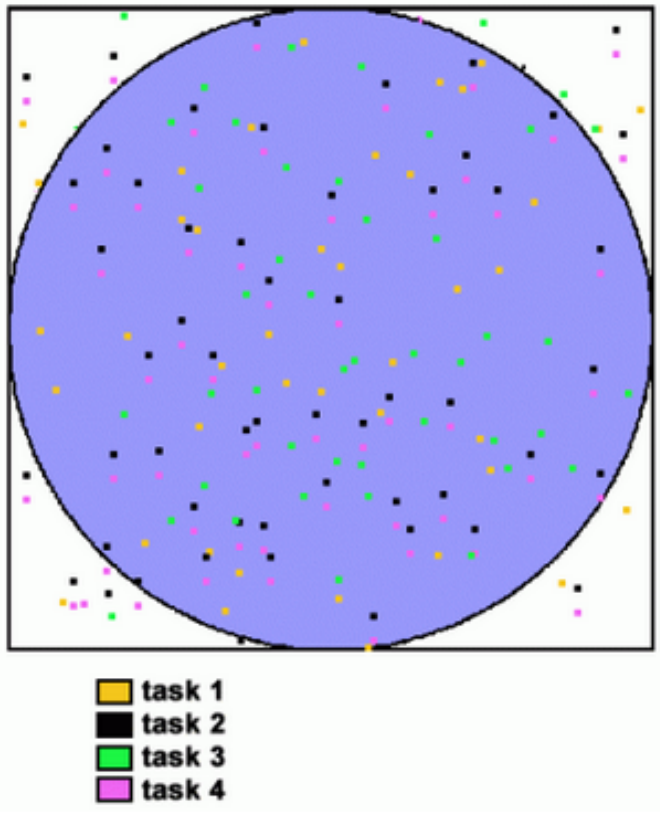
Paralelização do Algoritmo

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 π.

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)

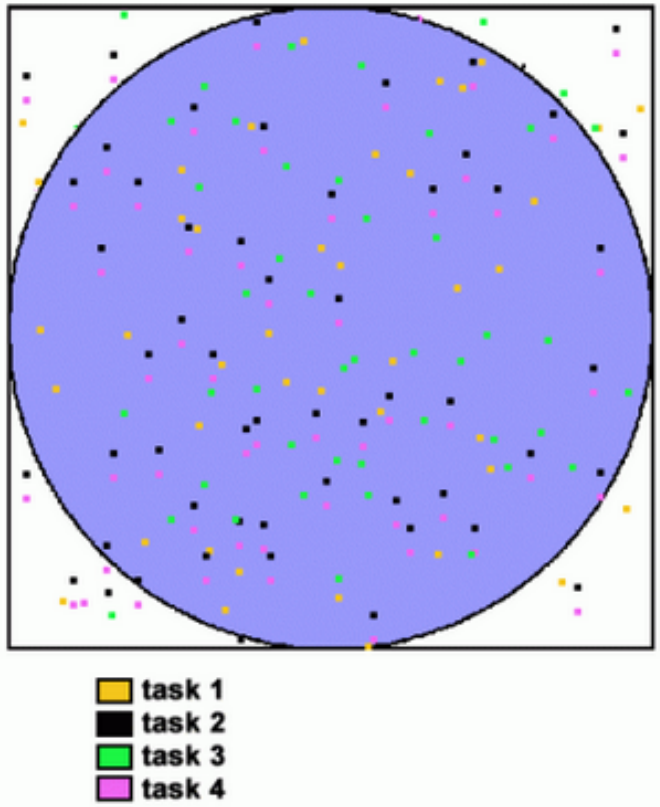
Pseudocódigo Paralelo:

```
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 da passos anteriores pode ser "*paralelizado*".

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

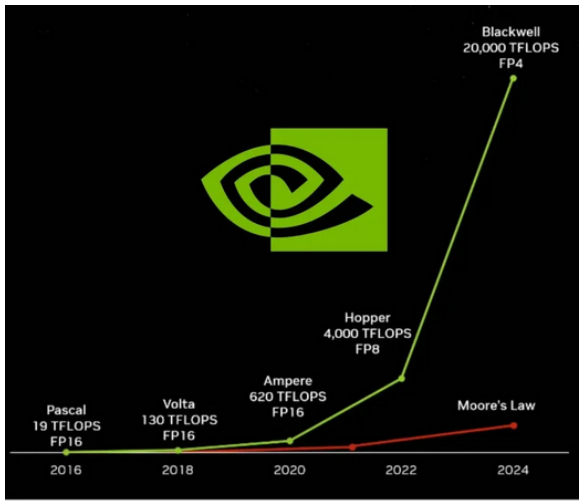
$$F(n) = F(n-1) + F(n-2)$$

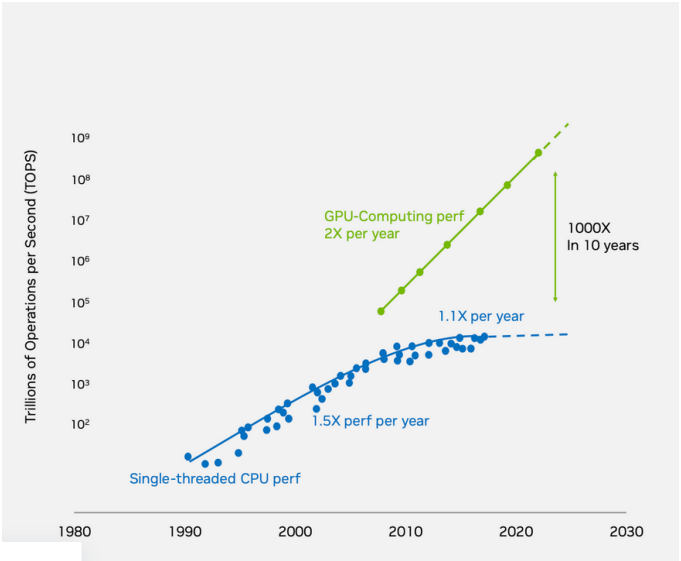
O cálculo do valor $F(n)$ depende dos valores de $F(n-1)$ e $F(n-2)$, que devem ser computados primeiro. Um algoritmo paralelo para resolver esse problema é usar a **fórmula de Binet**:

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

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 simulações 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.