

# Benchmarks do código OSIRIS no MareNostrum 5

## Thales Silva

GoLP / Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear  
Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa,  
Lisbon, Portugal

[epp.tecnico.ulisboa.pt](http://epp.tecnico.ulisboa.pt) || [golp.tecnico.ulisboa.pt](http://golp.tecnico.ulisboa.pt)



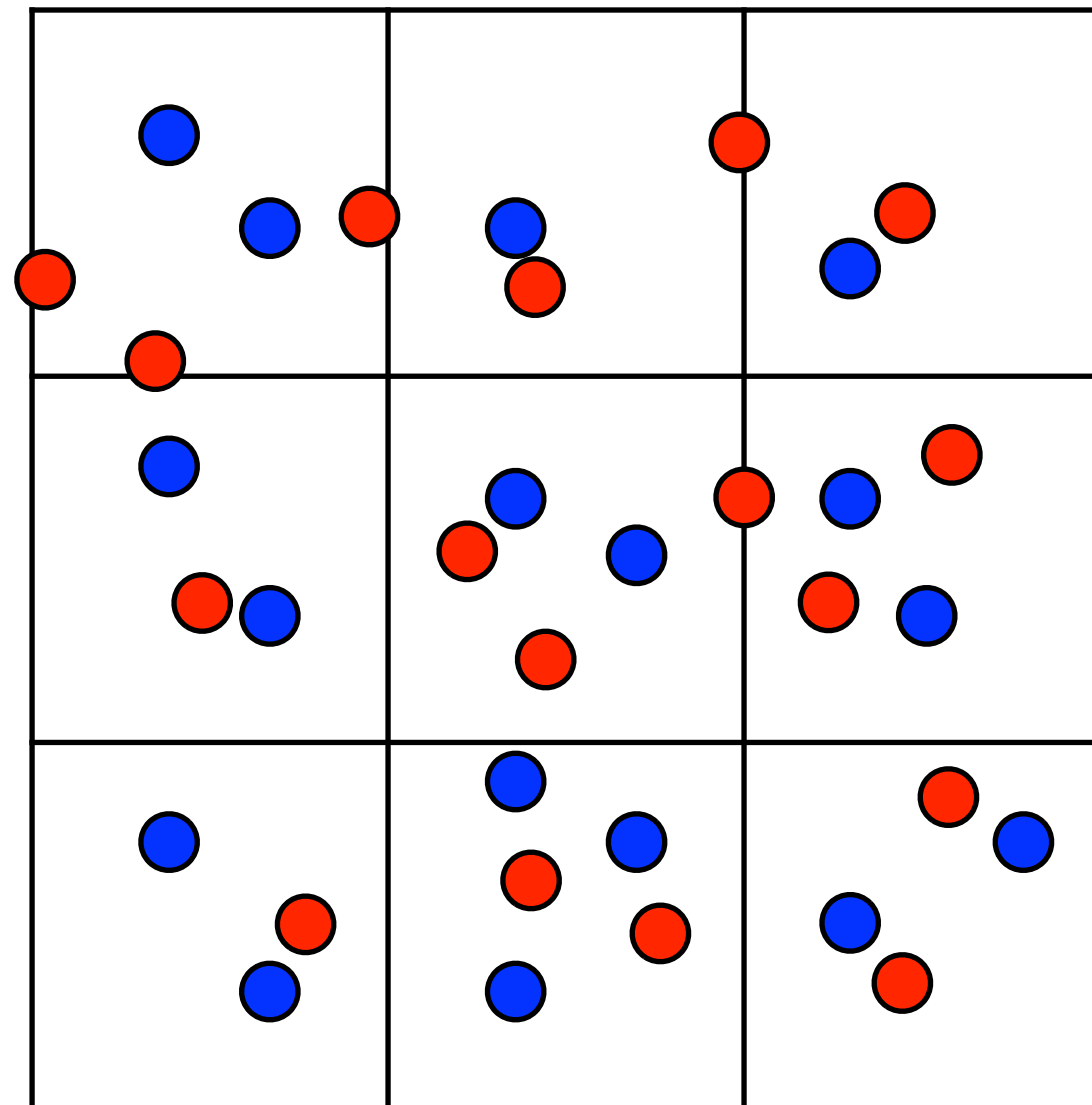
X-MASER-2022.02230.PTDC-IST ID



Simulação realizada por Dr. Rui Torres

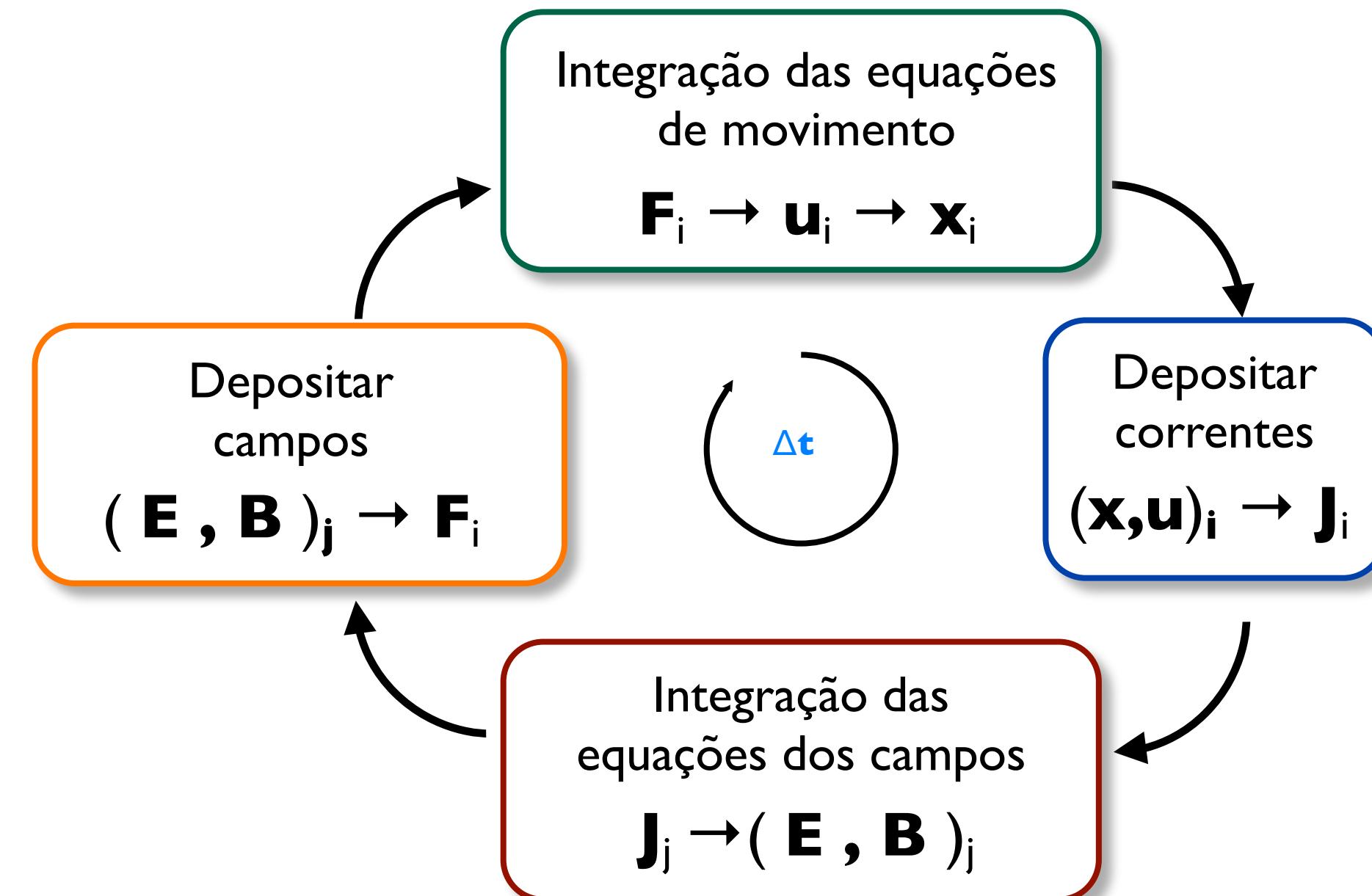
## Modelizar física cinética

- Interações entre partículas (#operações  $\propto N^2$ )
- *Particle-in-cell* (# operations  $\propto N$ )



## O método *particle-in-cell*\*

$$\frac{d\mathbf{u}}{dt} = \frac{q}{m} \left( \mathbf{E} + \frac{1}{\gamma c} \mathbf{u} \times \mathbf{B} \right)$$



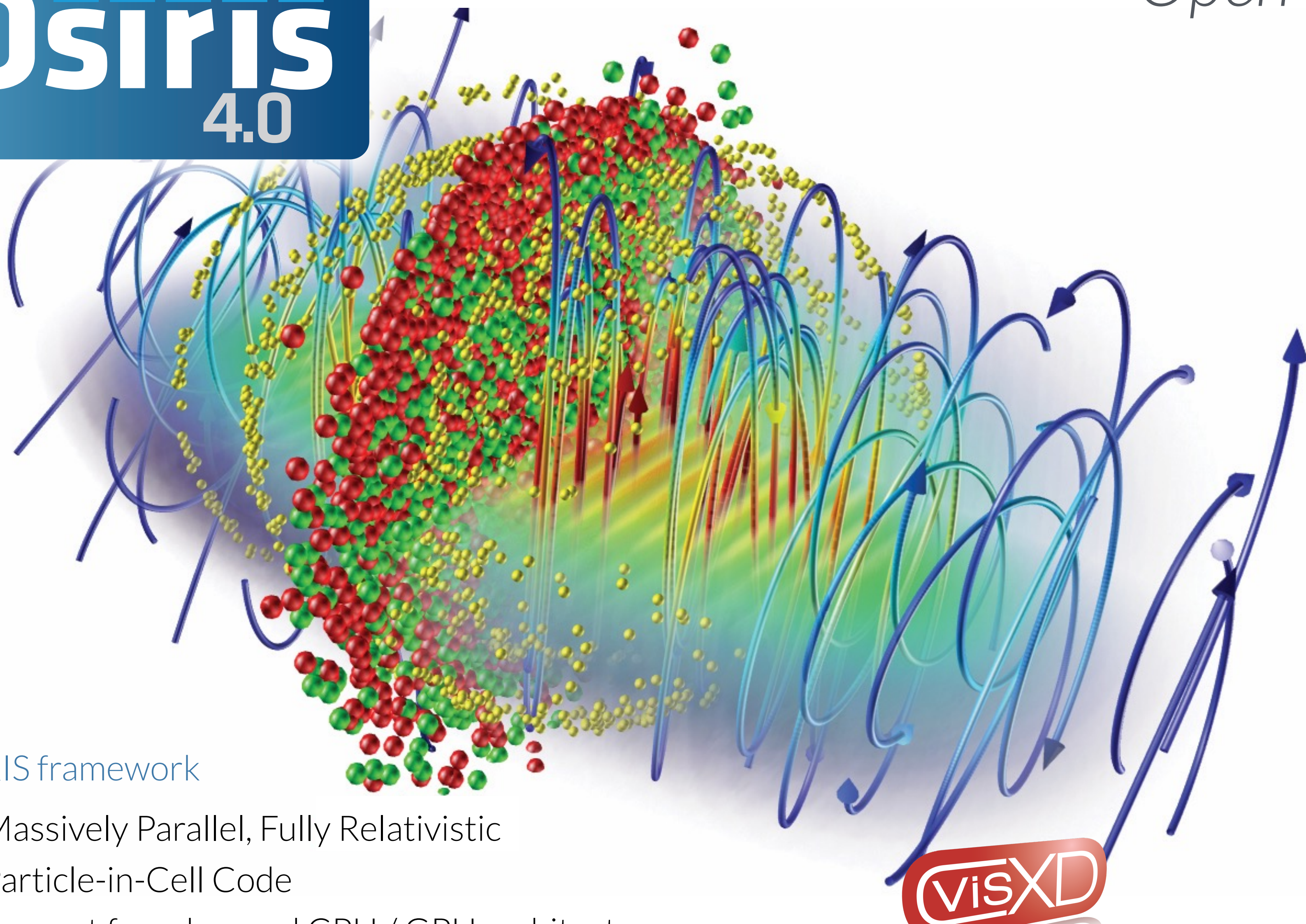
$$\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = c \vec{\nabla} \times \mathbf{B} - 4\pi \mathbf{j}$$

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = -c \vec{\nabla} \times \mathbf{E}$$





Open-source version available



OSIRIS framework

- Massively Parallel, Fully Relativistic Particle-in-Cell Code
- Support for advanced CPU / GPU architectures
- Extended physics/simulation models
- AI/ML surrogate models and data-driven discovery

Open-access model

- 40+ research groups worldwide are using OSIRIS
- 400+ publications in leading scientific journals
- Large developer and user community
- Detailed documentation and sample inputs files available
- Support for education and training

Using OSIRIS 4.0

- The code can be used freely by research institutions after signing an MoU
- Open-source version at:

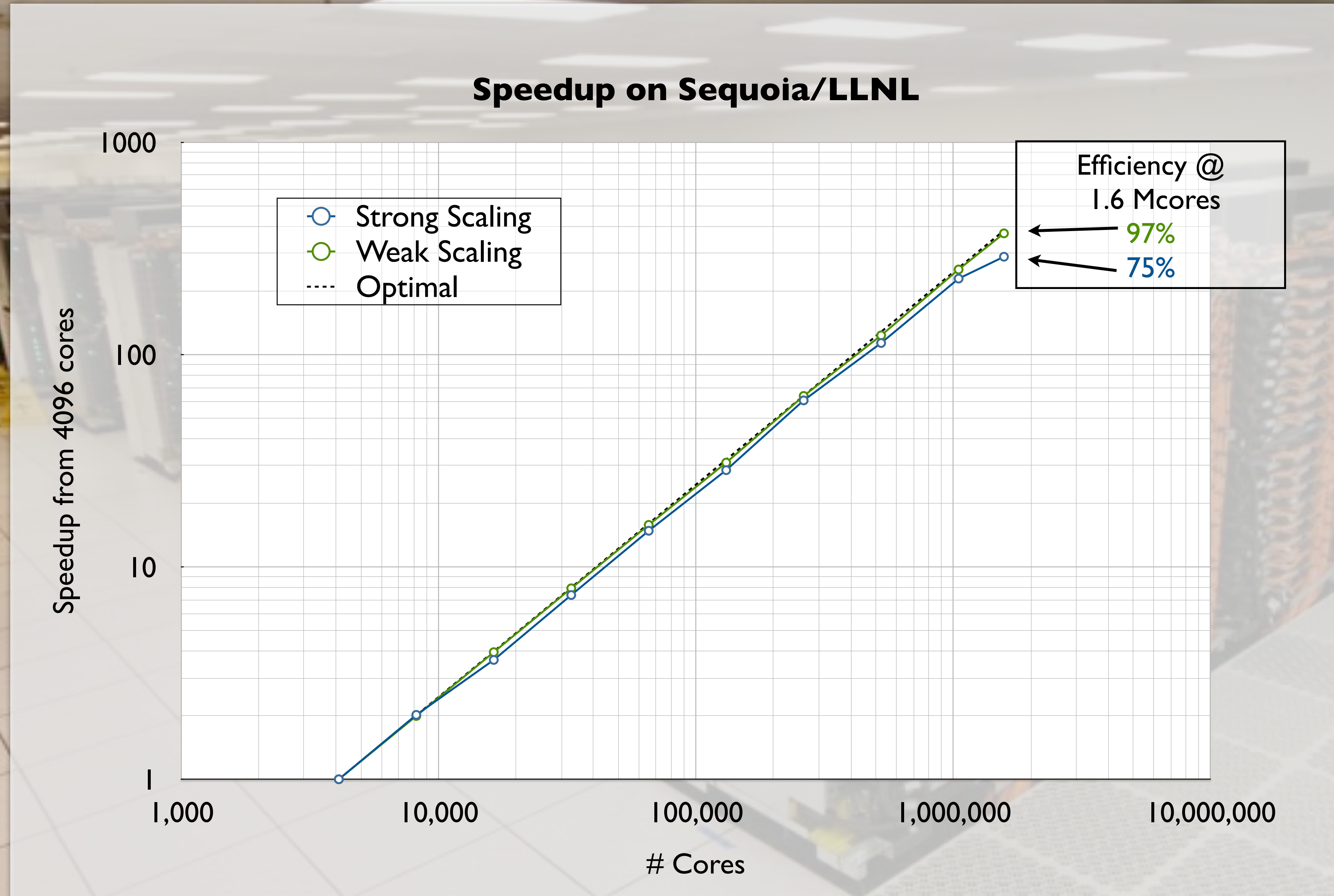
<https://osiris-code.github.io/>



Ricardo Fonseca: ricardo.fonseca@tecnico.ulisboa.pt

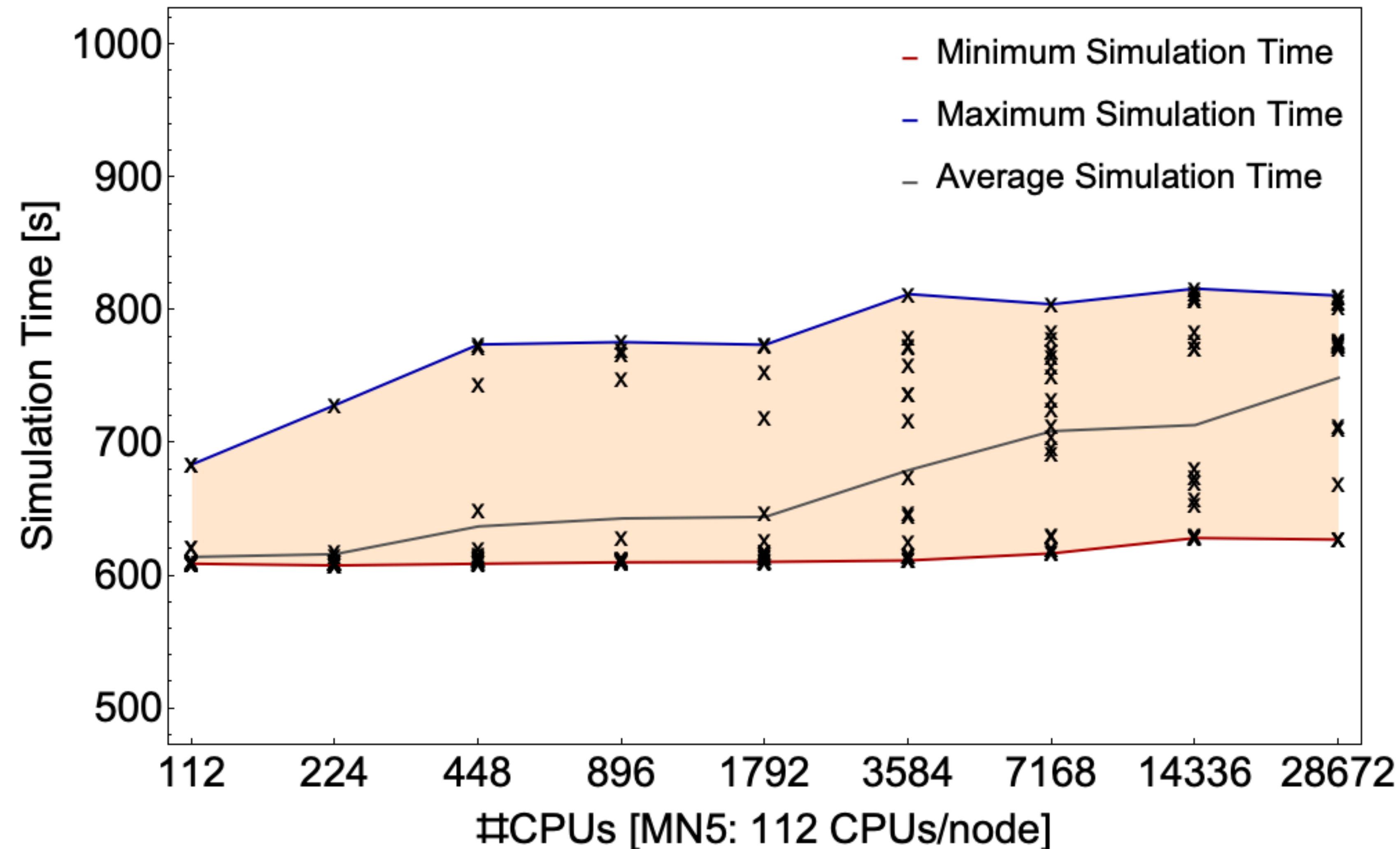


# OSIRIS escala eficientemente a usar milhões de cores



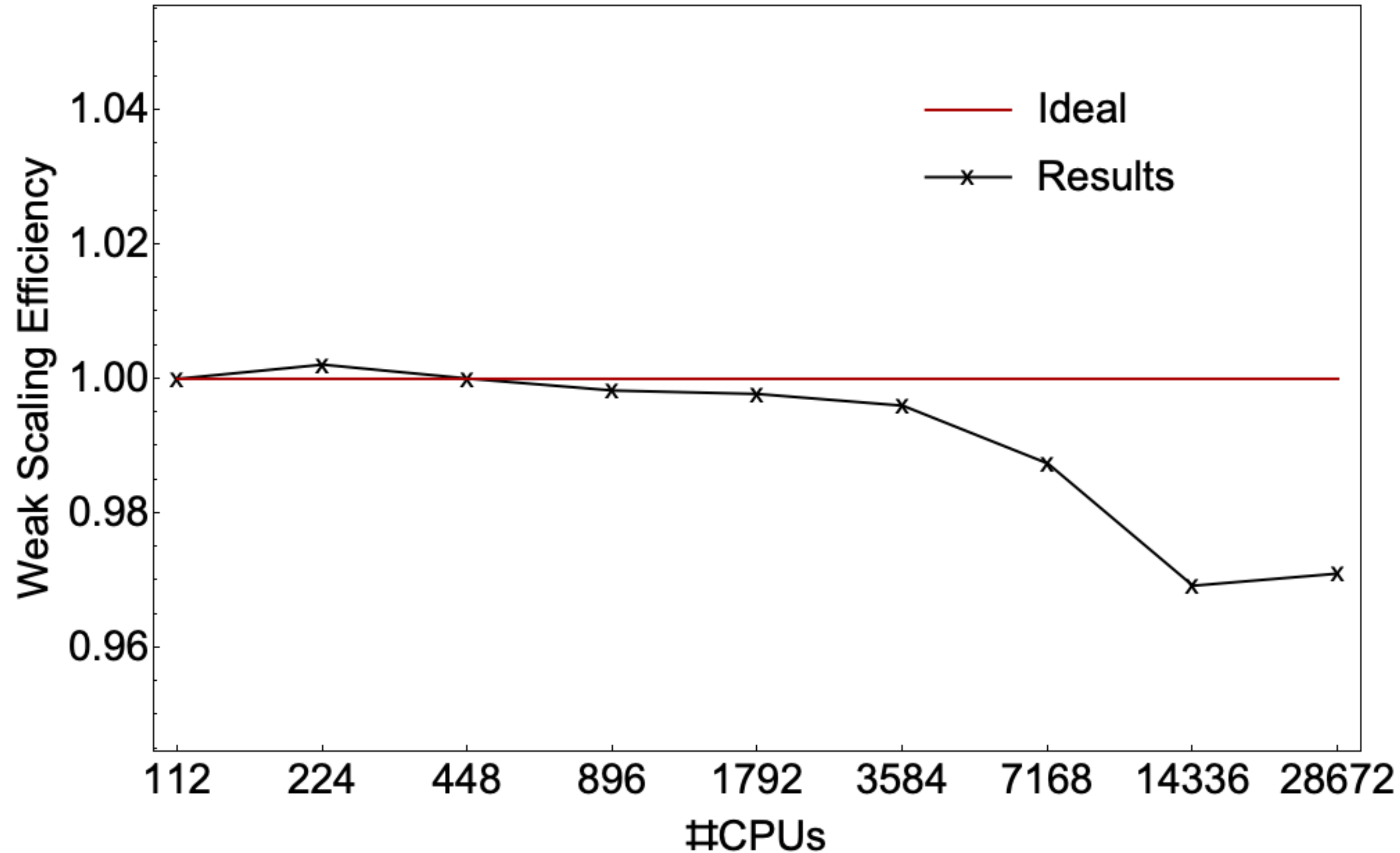


MN5: Weak Scaling – 3D simulations, warm plasma, quartic interp.

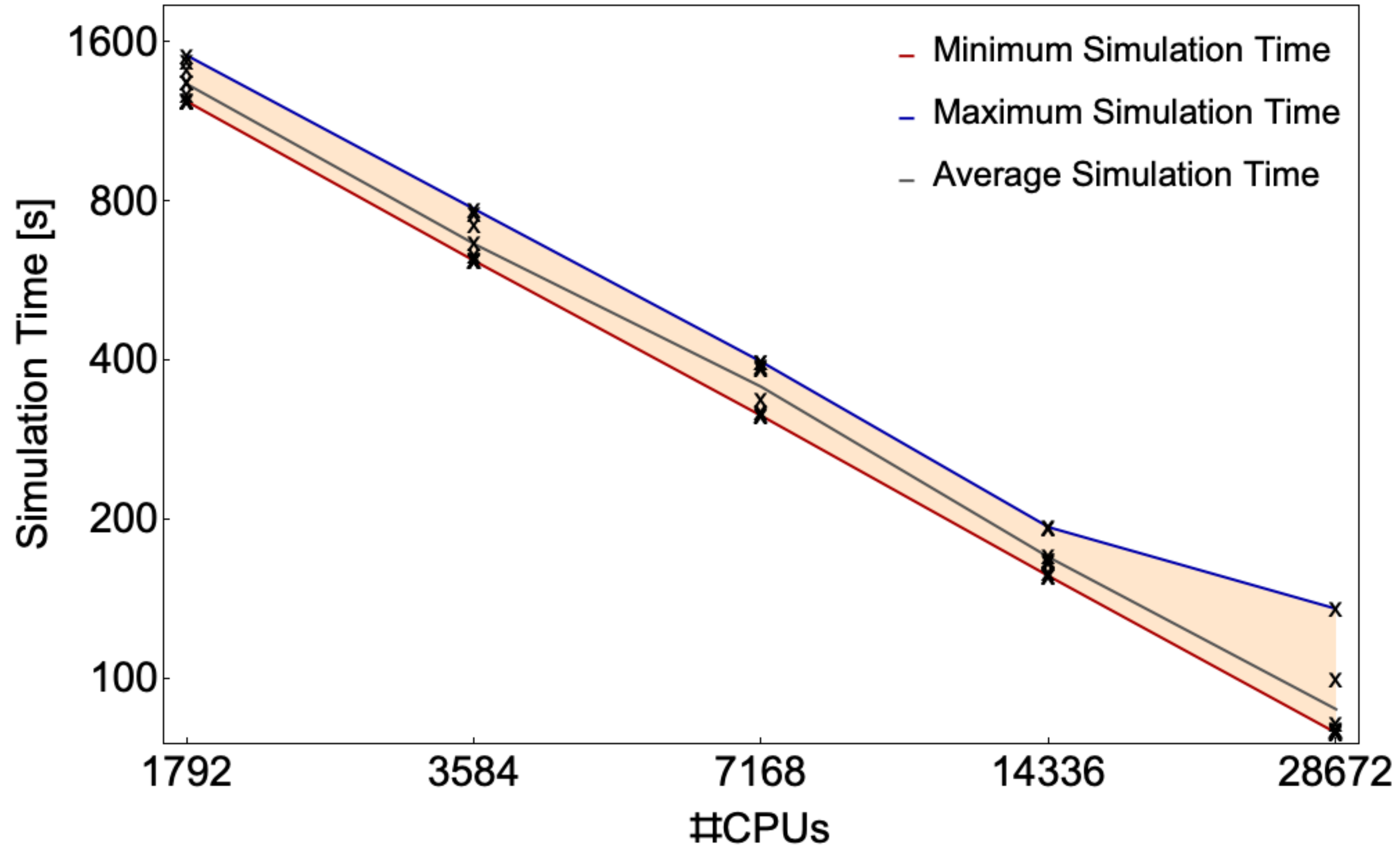


- ~33% variação no resultado de simulações a utilizar o mesmo número de cores.
- Desempenho consistente em simulações que usam os mesmos nós (ou seja, correr a simulação novamente nos mesmos nós resulta nos mesmos resultados)
- Bons resultados de uma forma geral (75% eficiência a comparar o melhor caso com 112 cores e o pior)
- Resultado é consistente com o desempenho de um nó individual. Não parece ser um problema de comunicação.

MN5: 3D simulations, warm plasma, quartic interpolation



MN5: Strong Scaling – 3D simulations, warm plasma, quartic interp.



# Strong scaling: melhor caso mostra uma eficiência quase ideal

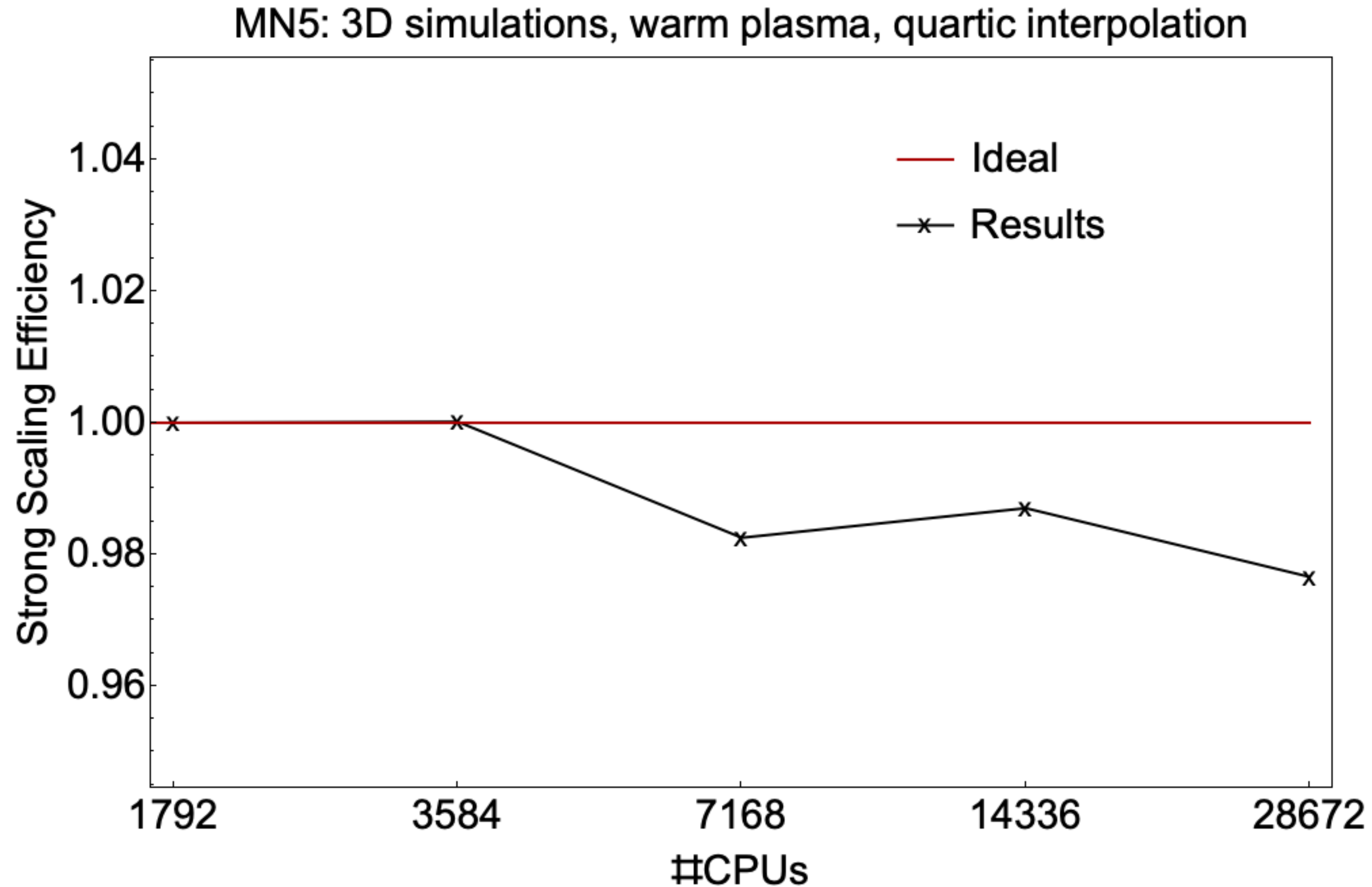
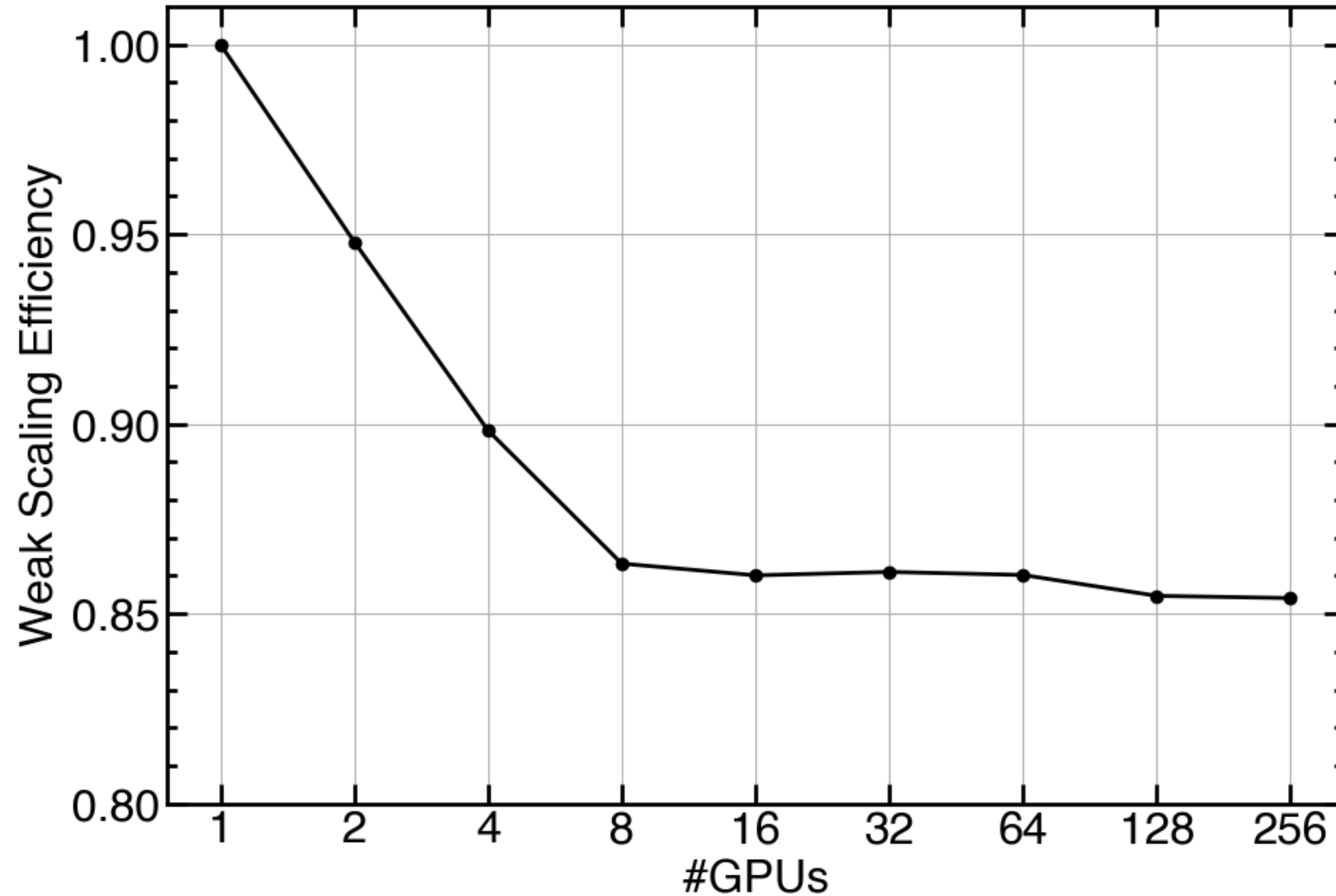




Tabela: Número de giga partículas avançadas em um segundo (quanto maior o número, melhor)

| System (Location) →<br>Dim, Interp., Prec. ↓ | MN5<br>(ES)  | Deuc.<br>(PT) | Sys#1<br>(US) | Sys#2<br>(EU) | Sys#3<br>(EU) | Sys#4<br>(EU) | Sys#5<br>(EU) |
|--|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2D, Linear, Single                           | <b>12.65</b> | 9.68          | 11.76         | 10.00         | 8.77          | 9.26          | 9.21          |
| 2D, Linear, Double                           | <b>6.85</b>  | 6.41          | -             | -             | 5.26          | 5.49          | 5.50          |
| 2D, Quadr., Double                           | 2.89         | <b>3.31</b>   | -             | -             | 2.63          | 2.76          | 2.76          |
| 3D, Linear, Single                           | 6.71         | 5.15          | <b>7.14</b>   | 5.05          | 4.74          | 4.57          | 4.57          |
| 3D, Linear., Double                          | 2.38         | <b>2.79</b>   | -             | -             | 2.27          | 2.42          | 2.44          |
| 3D, Quadr., Single                           | <b>2.13</b>  | 2.02          | 2.08          | -             | 1.86          | 1.80          | 1.81          |
| 3D, Quadr., Double                           | 0.56         | <b>0.76</b>   | 0.70          | -             | 0.63          | 0.66          | 0.66          |

1 nó = 4 GPUs





**OSIRIS é um código PIC que pode modelar, de primeiros princípios, a evolução de plasmas**

Interação de laser com plasmas, aceleradores baseados em plasmas e inclui módulos avançados com efeitos de eletrodinâmica quântica e relatividade geral

**OSIRIS possui um histórico de grande escalabilidade (>95%) em alguns dos maiores supercomputadores do mundo e pode ser usado para fazer benchmark dessas máquinas**

**Testes no MareNostrum 5 CPU demonstram um bom desempenho e boa escalabilidade.**

Nossos testes mostraram uma variação de desempenho entre diferentes nós, mas mantendo bom desempenho geral

**Testes no MareNostrum 5 GPU demonstram um bom desempenho do OSIRIS em single precision e boa escalabilidade. A queda de desempenho em double precision ainda precisa ser melhor investigada.**