

# TOP 10 melhores máquinas do mundo

**Lucas Gonzalez de Queiroz<sup>1</sup>, Matheus Vicente Pinheiro Oliveira<sup>1</sup>, Weber Veloso Mourão<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculdade de Computação – Universidade Federal de Mato Grosso Sul (UFMS)  
Caixa Postal 549 – 79.070-900 – Campo Grande – MS – Brazil

lucasgq71@gmail.com, matheusvicente.po@gmail.com, webermourao@gmail.com

## Introdução

Este trabalho apresenta os melhores computadores da atualidade, juntamente com os melhores brasileiros do ranking presente do site TOP 500. Foram analisadas todas as características técnicas de cada máquina.

### 1. Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway

O Sunway TaihuLight é agora o sistema mais rápido do mundo, de acordo com a lista TOP500 duas vezes por ano, com um impressionante resultado de benchmark Linpack de 93 petaflops. Isso o torna três vezes mais rápido do que o anterior campeão, o Tianhe-2 da China, que estava no topo da lista desde que entrou pela primeira vez em 2013.

O que é ainda mais interessante desta vez é o que está sob o capuz da TaihuLight: um processador ShenWei desenvolvido localmente e uma interconexão personalizada, em vez de peças originárias de outros lugares. O ShenWei 26010 é um chip RISC de 260 núcleos e 64 bits que excede os 3 teraflops na inclinação máxima, colocando-o a par com o Knight's Landing Xeo Phi da Intel. TaihuLight contém 40.960 ShenWei 26010s, um para cada nó que também contém 32GB de RAM, totalizando mais de 10 milhões de núcleos.

O chip tem quatro grupos principais, cada um com 64 elementos e um único elemento de processamento de gerenciamento, para um total de 65 por grupo (para chegar ao total de 260 núcleos). Cada grupo ostenta um controlador de memória de 136,5 GB / seg; Não há nenhuma palavra sobre o nó de tecnologia de processo usado para fabricar o chip. O relatório TOP500 diz que o chip também não tem qualquer cache L1-L2-L3 tradicional, e tem 12KB de cache de instruções e 64KB "scratchpad local" que funciona como um cache L1.

A interconexão personalizada, chamada Sunway Network, é baseada no PCIe 3.0 e fornece 16 GB / seg de largura de banda de pico entre nós, com 1ms de latência.

TaihuLight será usado para modelagem de clima, clima e sistemas de terra; Pesquisa em ciências da vida; fabricação; E análise de dados, de acordo com o relatório oficial TOP500.

### 2. Tianhe-2 (MilkyWay-2)

Em Junho de 2013, Tianhe-2 liderou a lista dos computadores mais rápidos do mundo, permanecendo no topo até novembro de 2015.[1] O supercomputador é amplamente usado oferecendo suporte em pesquisas de ciências materiais, biologia computacional e medicina personalizada, astronomia, geociência, design digital, energia, cidade inteligente e computação na nuvem.[2]

Localização:	National Super Computer Center in Guangzhou, China
Fabricante:	NUDT.
Cores:	3,120,000
Linpack Performance (Rmax):	33,862.7 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	54,902.4 TFlop/s
Nmax	9,960,000
Consumo	17,808.00 kW (Submitted)
Memória	1,024,000 GB
Processador	Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz
Interconexão	TH Express-2
Sistema Operacional	Kylin Linux

**Tabela 1. Especificações técnicas [3]**

### **3. Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom**

O sistema Sequoia BlueGene / Q foi construído pela IBM para a Administração Nacional de Segurança Nuclear (NNSA) e está sendo instalado no Laboratório Nacional Lawrence Livermore do Departamento de Energia. O Sequoia será usado pela NNSA para modelar a gestão de armas nucleares, mais notavelmente, ajudando na compreensão da hidrodinâmica de armas e propriedades dos materiais sob extremas pressões operacionais e temperaturas. Utilizando o Sequoia neste papel ajudará com testes artificiais, diminuindo a necessidade de testes de armas subterrâneas.

Site:	DOE/NNSA/LLNL
Manufacturer:	IBM
Cores:	1,572,864
Linpack Performance (Rmax):	17,173.2 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak):	20,132.7 TFlop/s
Power:	7,890.00 kW (Submitted)
Memory:	1,572,864 GB
Processor:	Power BQC 16C 1.6GHz
Interconnect:	Custom Interconnect
Operating System:	Linux

**Tabela 2. Especificações técnicas**

16.32 petaflops de desempenho sustentado e um desempenho máximo teórico de 20.1 petaflops  
 98,304 nós de computador possuem 1,6 milhão de núcleos com 1GB de RAM por núcleo – 1.6 petabytes  
 1.57 milhões de núcleos PowerPC  
 O projeto paralelo é baseado no processador PowerPC A2 de 18 núcleos da IBM  
 Interconexão acelera o clock em 40GB/seg com um nó para nó latência hop de 2,5 microssegundos  
 A Sequoia usa 7,89 megawatts de potência (comparando com o computador K do Japão, que usa 20 mega  
 Uma hora de cálculos Sequoia pode ser feita por 6,7 Bilhões de pessoas, usando calculadoras de mão e 32

### **4. Cori**

Cori é um supercomputador Cray XC40 localizado em NERSC, batizado em homenagem a bioquímica Gerty Cori, a primeira mulher americana a ganhar um Prêmio Nobel. É

composto de 1.630 processadores Intel Xeon "Haswell", 9.300 Intel Xeon Phi "Knight's Landing", e 1.5 PB Cray Data Warp Burst Buffer[4]. O supercomputador é utilizado em projetos de pesquisa nas áreas de biologia, ciências energéticas, energia de fusão e física nuclear.[5]

Localização:	National Energy Research Scientific Computing Center's (NERSC) Berk
Fabricante:	Cray Inc.
Cores:	622,336
Linpack Performance (Rmax):	14,014.7 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	27,880.7 TFlop/s
Nmax	6,984,960
Consumo	3,939.00 kW (Submitted)
Memória	878,592 GB
Processador	Intel Xeon Phi 7250 68C 1.4GHz
Interconexão	Aries interconnect
Sistema Operacional	Cray Linux Environment

**Tabela 3. Especificações técnicas [6]**

## **5. K computer, SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect**

### **5.1. Arquitetura de nó**

A partir de 2013, o computador K compreende mais de 80.000 processadores SPARC64 VIIIfx de 8 núcleos de 2.0 GHz, contidos em 864 gabinetes, para um total de mais de 640.000 núcleos, [16] fabricados pela Fujitsu com tecnologia CMOS de 45 nm. Cada gabinete contém 96 nós de computação, além de 6 nós de E / S. Cada nó de computação contém um único processador e 16 GB de memória. O sistema de refrigeração de água do computador é projetado para minimizar a taxa de falha eo consumo de energia.

### **5.2. Network**

O computador K usa uma interconexão proprietária de toro de seis dimensões chamada Tofu e uma Interface de Passagem de Mensagens Tofu-otimizada baseada na biblioteca open-source Open MPI. Os usuários podem criar programas aplicativos adaptados a uma rede de toros de uma, duas ou três dimensões.

### **5.3. Sistema de Arquivos**

O sistema adota um sistema de arquivos local / global de dois níveis com funções paralelas / distribuídas e fornece aos usuários uma função de preparação automática para mover arquivos entre sistemas de arquivos globais e locais. A Fujitsu desenvolveu um sistema de arquivos paralelo otimizado baseado no Lustre, chamado Fujifis Exabyte File System (FEFS), que é escalável para várias centenas de petabytes.

### **5.4. Consumo de Energia**

Embora o computador K tenha relatado o maior consumo total de energia de qualquer supercomputador TOP500 2011 (9,89 MW - o equivalente a quase 10 mil casas suburbanas), é relativamente eficiente, alcançando 824,6 GFlop / kWatt. Isso é 29,8% mais eficiente

do que a chinesa NUDT TH MPP (classificada em 2º lugar em 2011) e 225,8% mais eficiente do que a Oak Jaguar-Cray XT5-HE (3ª posição em 2011). No entanto, a eficiência energética de K ainda está muito aquém do recorde de 2097.2 GFlops / kWatt supercomputador estabelecido pelo NNSA / SC Azul Gene / Q Protótipo 2. Para comparação, o consumo médio de energia de um sistema TOP 10 em 2011 foi de 4,3 MW eo A eficiência média foi de 463,7 GFlop / kW.

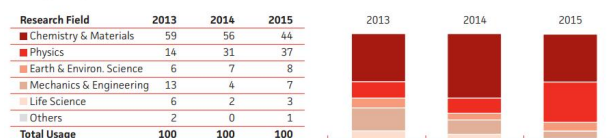
## 6. Piz Daint

Com um pico de performance que excede 7 petaflops, Piz Daint é o supercomputador mais rápido da Europa. O supercomputador instalado na Suíça figura na oitava posição graças ao upgrade massivo de 3.5 petaflops, cortesia das recém instaladas NVIDIA P100 Tesla GPUs. Piz Daint também possui a honra de ser o segundo computador mais eficiente em energia no TOP500 com uma taxa de 7.45 gigaflops/watt.[7] Atualmente é utilizado em pesquisas que exigem simulações intensivas em dados e CPU nas seguintes áreas: Ciências Materiais, Geofísica, Ciências da Vida e Ciências Climáticas. No futuro também fornecerá suporte à análise de dados para grandes experimentos científicos que já estão em andamento, como o Large Hadron Collider no CERN.[8]

Localização:	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS), Lugano, Suíça
Fabricante:	Cray Inc.
Cores:	206,720
Linpack Performance (Rmax):	9,779 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	15,988 TFlop/s
Nmax	2,488,320
Consumo	1,312.00 kW (Submitted)
Memória	194,560 GB
Processador	Xeon E5-2690v3 12C 2.6GHz
Interconexão	Aries interconnect
Sistema Operacional	Cray Linux Environment

**Tabela 4. Especificações técnicas [9]**

Usage by Research Field (%)



16 Largest Projects

Principal Investigator	Organisation	Research Field	Project Title	Granted Allocation in Mio CPU h
Stefan Brunner	EPF Lausanne	Physics	TCV-relevant GENE simulations	72.00
Alfo Quarteroni	EPF Lausanne	Life Science	Cardiac and vascular numerical simulations	43.10
Franco Vazza	Hamburg Observatory	Physics	On the seeding of large-scale magnetic fields in the Universe: cosmological radiative simulations with Enzo-MHD on the GPU	36.56
Thierry Giamarchi	University of Geneva	Chemistry & Materials	Understanding the 2D Hubbard model: studying unconventional superconductivity through simulation of coupled Hubbard ladders using massively parallel DMRG	35.07
Lucio Mayer	University of Zurich	Physics	Planet formation via disk instability entering the domain of massively parallel radiation hydrodynamics simulations	30.00
Richard Sandberg	University of Melbourne	Mechanics & Engineering	GPU-accelerated high-fidelity simulations of full turbine stages	28.76
Wanda Andreoni	EPF Lausanne	Chemistry & Materials	Mechanical and vibrational properties of perovskite photovoltaics: the effects of water from first principles calculations	27.26
Nicola Spaldin	ETH Zurich	Chemistry & Materials	Coupled and competing instabilities in complex oxides	27.15
Satish Rao	EPF Lausanne	Chemistry & Materials	Large-scale 3D dislocation dynamics simulations of flow, strain hardening and strain-burst characteristics in multielectron-scale Ni and Al micropillars	24.00
Andrew Jackson	ETH Zurich	Earth & Environ. Science	Beyond conventional planetary dynamo models	24.00
Harry van Lenthe	ETH Zurich	Life Science	The role of mechanics in fracture healing and bone turnover	21.70
Mathieu Luisier	ETH Zurich	Chemistry & Materials	Ab initio simulation of the source and drain contact resistances in ultra-scaled nano-transistors	19.80
Shyam Chikatamarla	ETH Zurich	Mechanics & Engineering	Entropic lattice Boltzmann method for compressible flows	17.47
William Curtin	EPF Lausanne	Mechanics & Engineering	Large scale atomic simulations of dislocation plasticity and fracture in magnesium and alloys	15.00
Nicola Marzari	EPF Lausanne	Chemistry & Materials	THEOS NANO: thermal, electrical, and optical properties of nanoscale materials	15.00
Stefan Goedecker	University of Basel	Chemistry & Materials	Development of charge equilibration force fields based on machine learning	15.00

Figura 1. Pesquisas que utilizam a máquina. [8]

## 7. Santos Dumont GPU (Nvidia K40) e Santos Dumont Hybrid (Intel Xeon Phi 7120P), Bullx B710, Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz, Infiniband FDR

O supercomputador Santos Dumont (SDumont), adquirido junto a empresa francesa ATOS/BULL, está localizado na sede do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC), em Petrópolis-RJ, atuando como nó central (Tier-0) do Sistema Nacional de Processamento de Alto Desempenho - SINAPAD. O SDumont possui capacidade instalada de processamento na ordem de 1,1 Petaflop/s (1,1 x 10 float-point operations per second), apresentando uma configuração híbrida de nós computacionais, no que se refere à arquitetura de processamento paralelo disponível. O SDumont possui um total de 18.144 núcleos de CPU, distribuídos em 756 nós computacionais, dos quais são compostos, na sua maioria, exclusivamente por CPUs com arquitetura multi-core. Há, no entanto, quantidade adicional significativa de nós que, além das mesmas CPUs multi-core, contém tipos de dispositivos com a chamada arquitetura many-core: GPU e MIC. Uma descrição detalhada da configuração dos nós do SDumont é apresentada a seguir.

504 Nós de computação B710 ( thin node ), onde cada nó possui  
2 x CPU Intel Xeon E5-2695v2 Ivy Bridge, 2,4GHZ  
24 núcleos (12 por CPU), totalizando de 12.096 núcleos  
64GB DDR3 RAM

198 Nós de computação B715 ( thin node ) com GPUs K40, onde cada nó possui:  
2 x CPU Intel Xeon E5-2695v2 Ivy Bridge, 2,4GHZ  
24 núcleos (12 por CPU), totalizando de 4.752 núcleos  
64GB DDR3 RAM 2 x Nvidia K40 (dispositivo GPU)

54 Nós de computação B715 ( thin node ) com co-processadores Xeon Phi, onde cada nó possui:  
2 x CPU Intel Xeon E5-2695v2 Ivy Bridge, 2,4GHZ  
24 núcleos (12 por CPU), totalizando de 1.296 núcleos  
64GB DDR3 RAM 2 x Xeon PHI 7120 (dispositivo MIC)

1 Nó de computação MESCA2 com memória compartilhada de grande capacidade ( fat node ):  
16 x CPU Intel Ivy, 2,4GHZ  
240 núcleos (15 por CPU)  
6 TB de RAM

Os 756 nós do SDumont são interligados por uma rede de interconexão Infiniband FDR, com as seguintes  
1.944 portas  
58Gb/s e 0,7us por porta  
Banda passante total = 112.752 Gb/s  
Vazão por porta = 137 milhões de mensagens por segundo

Site:	Laboratório Nacional de Computação Científica
Manufacturer:	Bull, Atos Group
Cores:	10,692
Linpack Performance (Rmax):	456.8 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak):	657.518 TFlop/s
Nmax:	1,160,192
Power:	371.25 kW (Derived)
Memory:	12,672 GB
Processor:	Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz
Interconnect:	Infiniband FDR
Operating System:	bullx SCS

**Tabela 5. Santos Dumont GPU**

Site:	Laboratório Nacional de Computação Científica
Manufacturer:	Bull, Atos Group
Cores:	24,732
Linpack Performance (Rmax):	363.225 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak):	478.829 TFlop/s
Nmax:	1,155,048
Power:	858.75 kW (Derived)
Memory:	48,384 GB
Processor:	Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz
Interconnect:	Infiniband FDR
Operating System:	bullx SCS

**Tabela 6. Santos Dumont Hybrid**

## **8. CIMATEC Yemoja**

Inaugurado em 27 de maio de 2015, o Centro de Supercomputação para Inovação Industrial (CS2I) do SENAI CIMATEC hospeda o supercomputador mais rápido da América Latina, o CIMATEC Yemoja. Com capacidade para realizar 400 trilhões de operações por segundo (TFlops), esse supercomputador é utilizado, prioritariamente, em pesquisas em geofísica, beneficiando a comunidade acadêmica, a indústria de petróleo e gás (atuando em campos complexos como os do pré-sal) e a sociedade em geral.[10]

Localização:	CS2I , Salvador, Brasil
Fabricante:	HPE/SGL
Cores:	17,200
Linpack Performance (Rmax):	405.365 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	412.8 TFlop/s
Nmax	2,149,120
Consumo	2,580.00 kW (Derived)
Memória	132,000 GB
Processador	Intel Xeon E5-2690v2 10C 3GHz
Interconexão	Infiniband FDR
Sistema Operacional	Redhat Enterprise Linux 6.5

**Tabela 7. Especificações técnicas [11]**

**9. Oakforest-PACS - PRIMERGY CX1640 M1, Intel Xeon Phi 7250 68C  
1.4GHz, Intel Omni-Path**

Fabricante:	FUJITSU.
Cores:	556,104
Linpack Performance (Rmax):	13,554.6 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	24,913.5 TFlop/s
Nmax	9,938,880
Consumo	2,718.70 kW (Submitted)
Memória	919,296 GB
Processador	Intel Xeon Phi 7250 68C 1.4GHz
Interconexão	Intel Omni-Path
Sistema Operacional	Linux

**Tabela 8. Especificações técnicas [11]**



## 10. Mira - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom

IBM Mira é um supercomputador projetado pela IBM para o Argonne National Laboratory's, com suporte do Departamento de energia dos Estados Unidos e também parcialmente fundado pela Fundação Nacional de Ciencia dos Estados Unidos. Amplamente utilizado em diversos projetos do departamento de energia, principalmente relacionado a pesquisa de novos mecanismos para eliminar a fricção, como também para auxiliar cientistas na projecção de sistemas para simulação de reativos moleculares.

Fabricante:	IBM
Cores:	786,432
Linpak Performance (Rmax):	8,586.61 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	10,066.3 TFlop/s
Nmax	3,945.00 kW (Submitted)
Consumo	
Memória	
Processador	Power BQC 16C 1.6GHz
Interconexão	Customizada
Sistema Operacional	Linux

**Tabela 9. Especificações técnicas [12]**

## 11. Trinity - Cray XC40, Xeon E5-2698v3 16C 2.3GHz, Aries interconnect

Fabricante:	Cray Inc.
Cores:	301,056
Linpack Performance (Rmax):	8,100.9 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	11,078.9 TFlop/s
Nmax	8,847,936
Consumo	4,232.63 kW (Derived)
Memória	
Processador	Xeon E5-2698v3 16C 2.3GHz
Interconexão	Aries interconnect
Sistema Operacional	Cray Linux Environment

**Tabela 10. Especificações técnicas [11]**

### Conclusão

Este trabalho apresenta os melhores computadores da atualidade, juntamente com os melhores brasileiros do ranking presente do site TOP 500. Assim, analisando as características de cada máquina, chegamos ao consenso de que cada uma delas foi desenvolvida para um propósito específico dificultando a comparação real entre elas.

A supercomputação tem desempenhado e continua a desempenhar um papel essencial na segurança nacional e na descoberta científica. A capacidade de lidar com importantes desafios científicos e de engenharia depende de investimentos contínuos em supercomputação. Além disso, o aumento da dimensão e da complexidade das novas aplicações exigirá a evolução contínua da supercomputação num futuro previsível.

## Referências

- [1] TOP500. November 2015. <https://www.top500.org/lists/2015/11/>, 2015. [Online; acessado em 28 de Novembro de 2016].
- [2] NSCG. November 2015. <http://en.nscg-gz.cn/Apps/MaterialsEngineering.html?>, 2015. [Online; acessado em 28 de Novembro de 2016].
- [3] TOP500. Tianhe-2 (milkyway-2). <https://www.top500.org/system/177999>, 2016. [Online; acessado em 28 de Novembro de 2016].
- [4] NERSC. Burst buffer. <http://www.nersc.gov/users/computational-systems/cori/burst-buffer/>, 2016. [Online; acessado em 28 de Novembro de 2016].
- [5] NERSC. Nesap projects. <http://www.nersc.gov/users/computational-systems/cori/nesap/nesap-projects/>, 2016. [Online; acessado em 28 de Novembro de 2016].
- [6] TOP500. Swiss national supercomputing centre (cscs). <https://www.top500.org/system/178924>, 2016. [Online; acessado em 28 de Novembro de 2016].
- [7] ETH Zurich. More computing power for swiss research. [http://www.cscs.ch/publications/press\\_releases/2016/more\\_computing\\_power\\_for\\_swiss\\_research/index.html](http://www.cscs.ch/publications/press_releases/2016/more_computing_power_for_swiss_research/index.html), 2016. [Online; acessado em 28 de Novembro de 2016].
- [8] CSCS. Annual report 2015. [http://www.cscs.ch/uploads/tx\\_factsheet/AR2015\\_Final\\_LR.pdf](http://www.cscs.ch/uploads/tx_factsheet/AR2015_Final_LR.pdf), 2015. [Online; acessado em 28 de Novembro de 2016].
- [9] TOP500. Swiss national supercomputing centre (cscs). <https://www.top500.org/system/177824>, 2016. [Online; acessado em 28 de Novembro de 2016].
- [10] SENAI. Centro de supercomputação para inovação industrial (cs2i). [portais.fieb.org.br/senai/supercomputacao.html](http://portais.fieb.org.br/senai/supercomputacao.html), 2015. [Online; acessado em 28 de Novembro de 2016].
- [11] TOP500. Cimatec yemoja. <https://www.top500.org/system/178420>, 2016. [Online; acessado em 28 de Novembro de 2016].
- [12] TOP500. Ibm mira. <https://www.top500.org/system/177718>, 2016. [Online; acessado em 28 de Novembro de 2016].