

Máquinas Paralelas



Programação Paralela Avançada - PPA

Mestrado em Computação Aplicação – MCA
Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada – PPGCA
Centro de Ciências Tecnológicas - CCT
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Profs Maurício A. Pillon e Guilherme P. Koslovski

Linha de Sistemas Computacionais

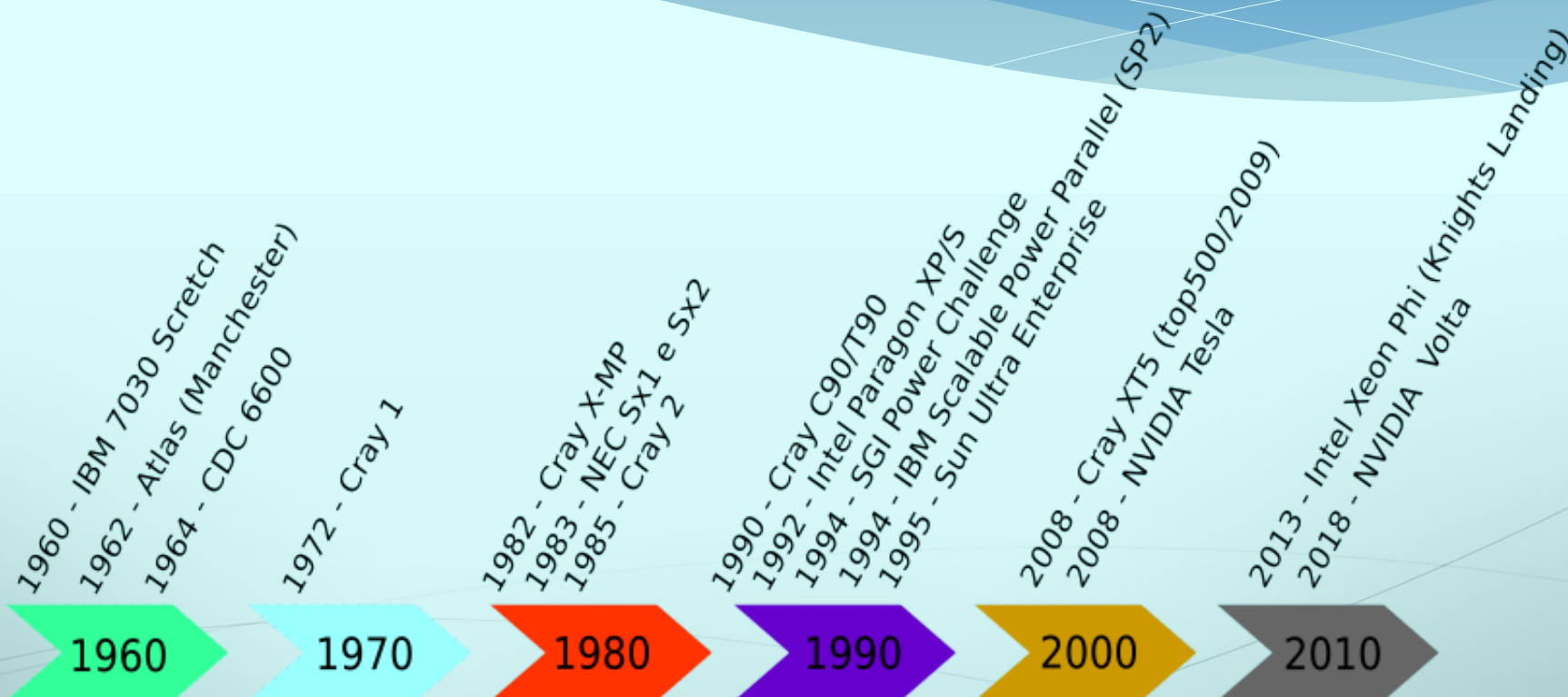
Grupo de Pesquisa de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos

Laboratório de Pesquisa LabP2D

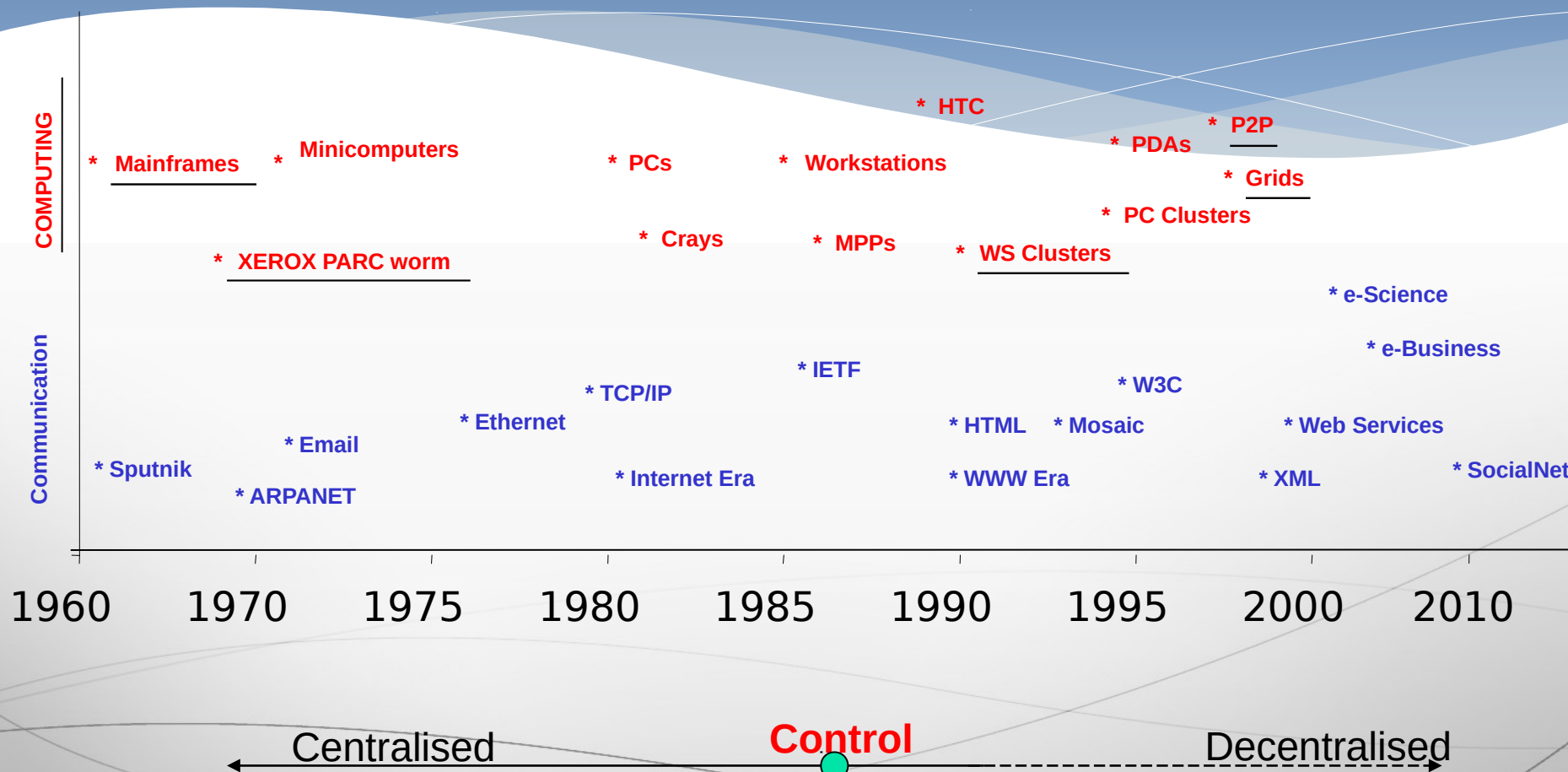
Agenda

- Linha do tempo de máquinas paralelas
- Aglomerados (*Clusters*)
- Grades (*Grids*)
- Nuvem Computacional (*Cloud Computing*)
- Coprocessadores & Aceleradores Gráficos (*Graphics Processing Units*)

Linha do tempo



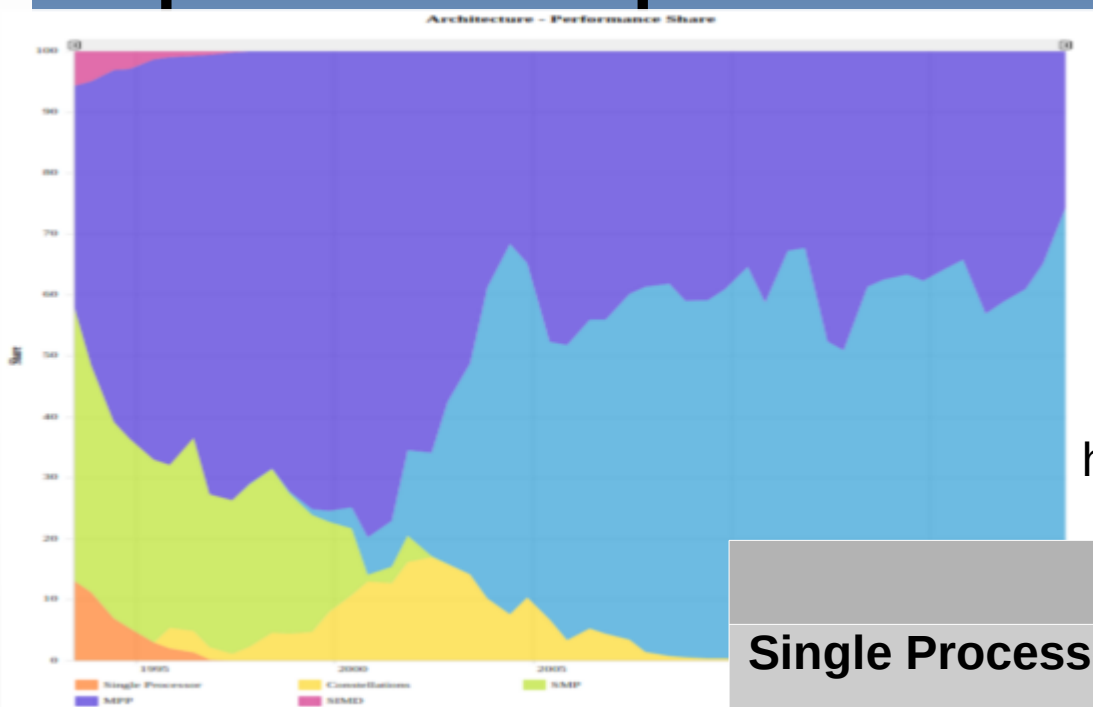
Linha do tempo



Exemplos de Máquinas Paralelas

<i>Categoria</i>	<i>Classificação</i>		<i>Memória</i>	<i>Exemplos</i>
	<i>Flynn</i>	<i>Tempo de acesso a memória</i>		
PVP (Processadores Vetorias Paralelos)	SIMD	UMA	Compartilhada	Cray C-90, Cray T-90, NEC Sx
SMP (Multiprocessadores Simétricos)	MIMD	UMA	Compartilhada	SGI Power Challenge, Sun Ultra Enterprise,
MPP (Máquinas Maciçamente Paralelas)	MIMD	NORMA	Local	Intel Paragon, IBM SP2
Agregados	MIMD	NORMA	Local	LabP2D, dahu (G5k-Grenoble)
Grades	MIMD	NORMA	Local	Grid5000
Aceleradores Gráficos	SIMD	UMA	Local/ Compartilhada	Intel Xeon Phi, NVIDIA Volta

Top500: Arquitetura de Computadores

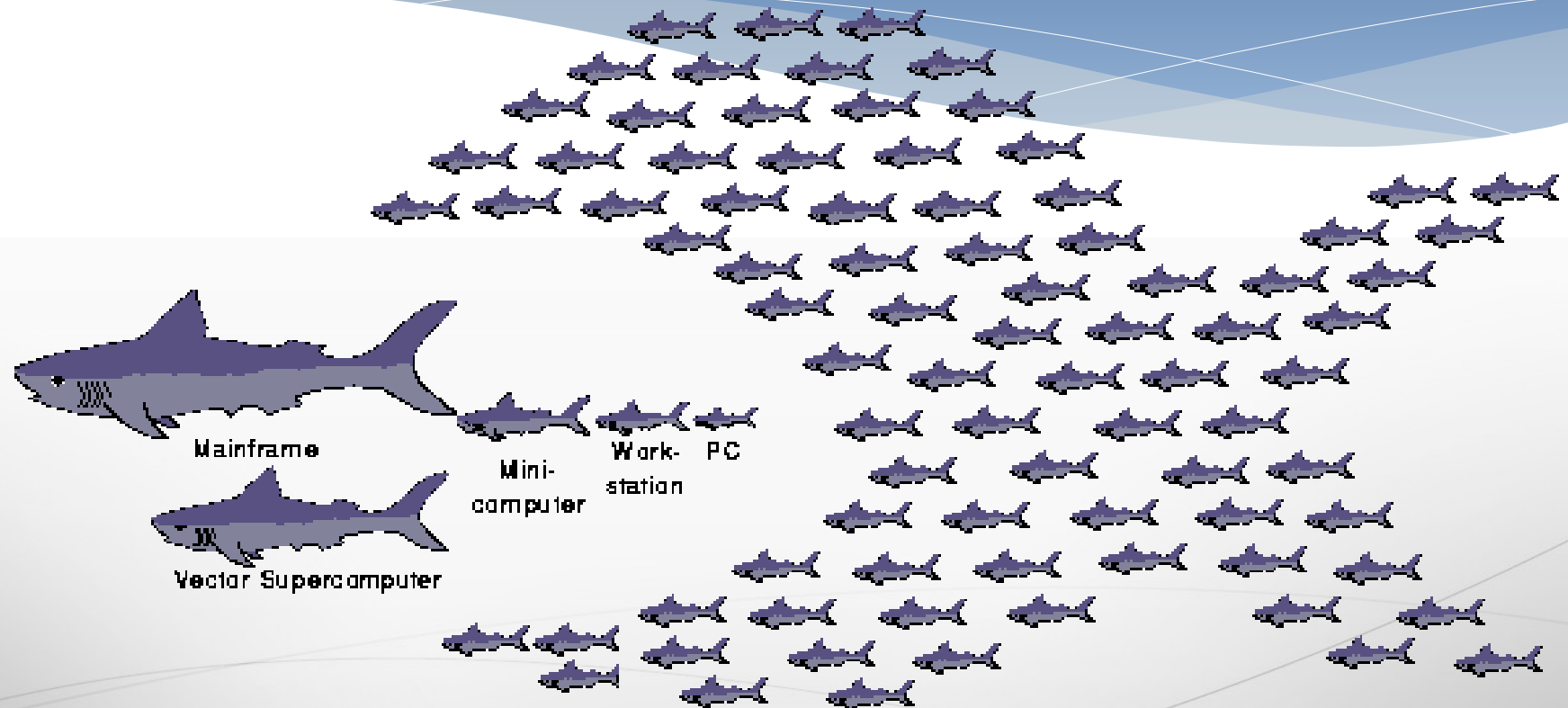


<https://www.top500.org/statistics/overtime/>

	1993	2003	2013	2018
Single Processor	13.13			
MPP	36.11	51.13	38.65	25.64
Constellations		14.18		
SIMD	5.68			
SMP	45.08			
Cluster		34.69	61.35	74.36

Aglomerados (Clusters)

Aglomerados (Clusters)



NOW

NOW (Network of Workstation)

Aglomerados (Clusters)

- Aglomerado é um tipo sistema de processamento paralelo e distribuído, o qual consiste de uma coleção de computadores (nós) *stand-alone* interconectados.
 - Eles cooperaram trabalhando juntos como um único supercomputador, com recursos de computação integrados.
- **Nó ou nódulo:** um computador mono ou multiprocessado independente com sistema de memória, E/S e sistema operacional.

Arquitetura de Aglomerado

Aplicações Sequenciais
Aplicações Sequenciais
Aplicações Sequenciais

Aplicações Paralelas
Aplicações Paralelas

Ambientes de Programação Paralela

Middleware de Aglomerado

(Imagens Individuais do Sistema e Infraestrutura de Disponibilidade)

PC/Workstation

Software de
Comunicação

Interface Hardware (rede)

PC/Workstation

Software de
Comunicação

Interface Hardware (rede)

PC/Workstation

Software de
Comunicação

Interface Hardware (rede)

PC/Workstation

Software de
Comunicação

Interface Hardware (rede)

Rede de Interconexão do Aglomerado/Switch

Agregados (Clusters)

Classificação em função do tipo do hardware

- Aglomerado de PCs (CoPs – *Clusters of PCs*)
 - Piles of PCs (PoPs)
- Aglomerado Heterogêneo (COWs – *Clusters of Workstations*)
- Aglomerado de SMPs (CLUMPs – *Clusters of SMPs*)

Aglomerados (Clusters)

Classificação em função do sistema de gerência

- Aglomerado Homogêneo

Todos os nós possuem a mesma arquitetura de hardware e sistema operacional.

- Aglomerado Heterogêneo

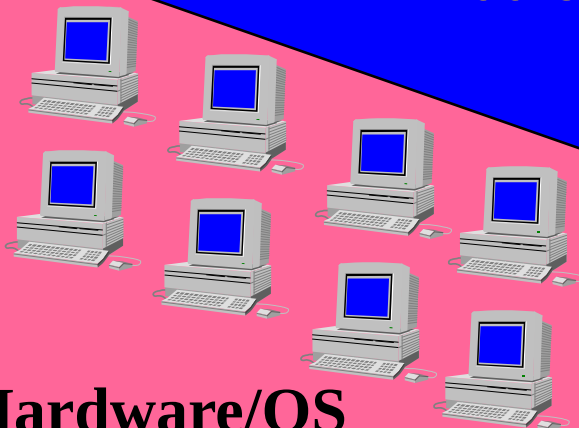
Nós com arquiteturas, características ou fabricantes de hardwares distintos e/ou sistemas operacionais também distintos.

Aplicação em um aglomerado

Aplicação

PVM / MPI/ RSH

Middleware



Hardware/OS

Middleware de Cluster:

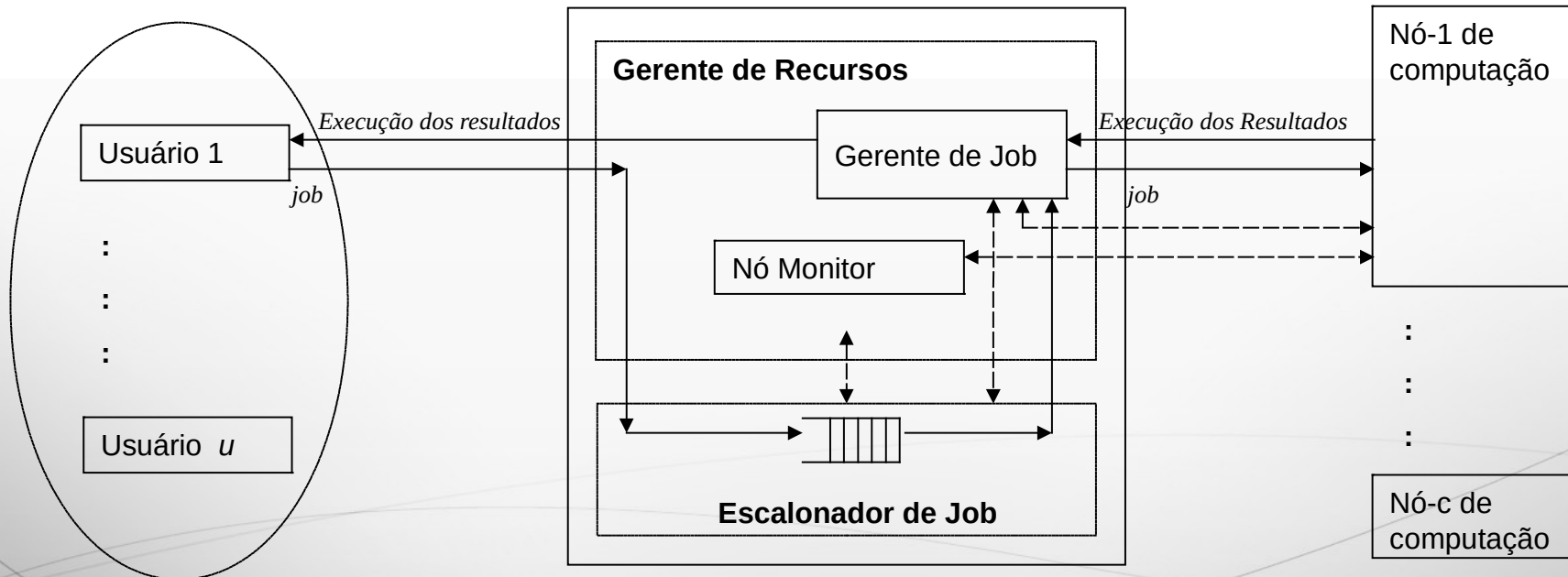
- PBS
- OAR
- OGS

Esquema RMS

Usuário

Gerente de Nós

Nós de Computação

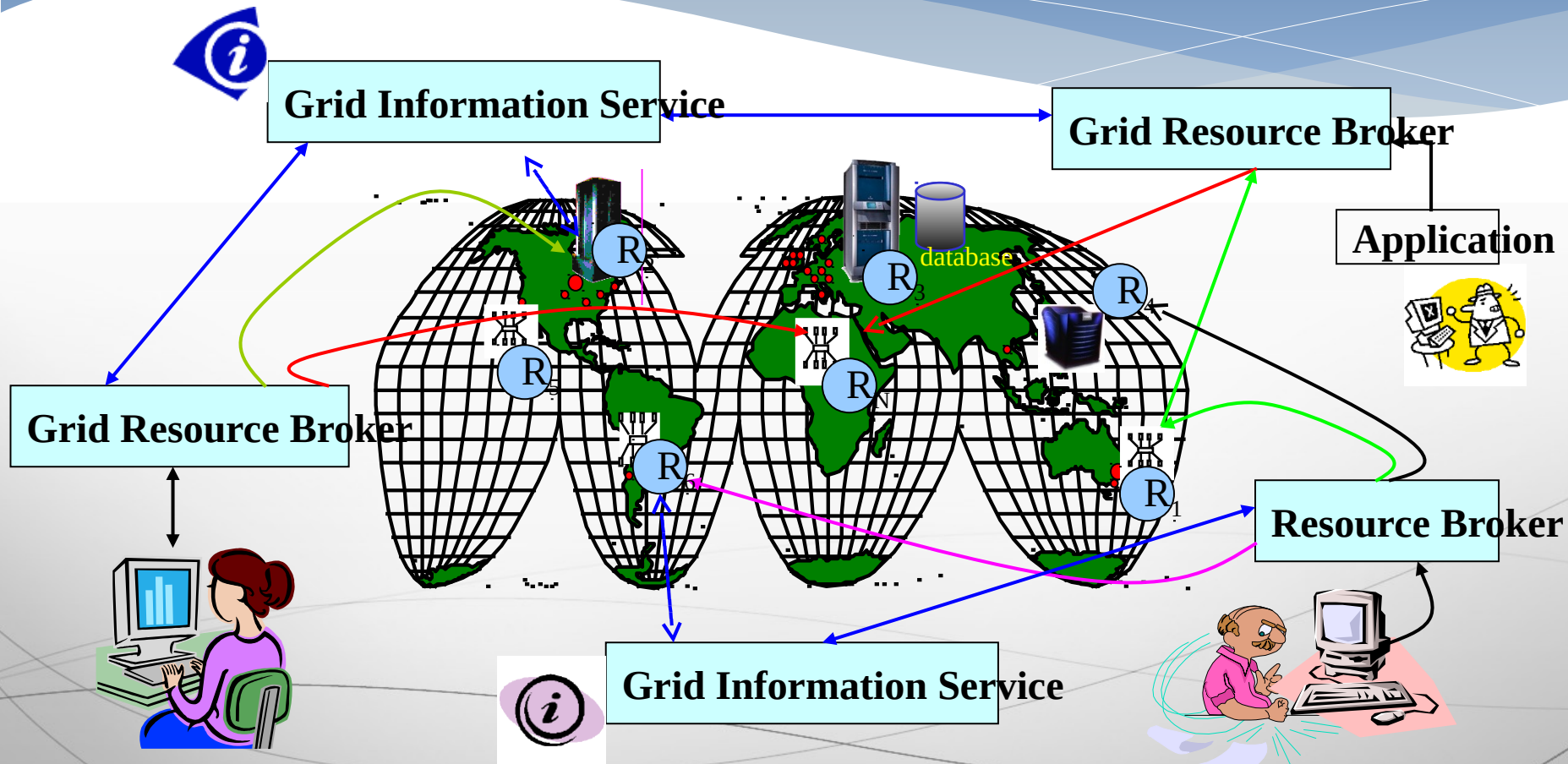


Grades Computacionais (Grid)

Grades Computacionais

- *“Um tipo de sistema paralelo e distribuído que permite o compartilhamento, troca e seleção, agregando recursos autônomos geograficamente distribuídos.” [Buyya et al.]*
- Recursos podem ser:
 - Computadores
 - Softwares
 - Catálogo de dados e base de dados;
 - Dispositivos/Instrumentos específicos (por exemplo, telescópio); e
 - Pessoas/Colaboradores.
- O sistema passa a depender da disponibilidade, capacidade, custo e requisitos de QoS do usuário.
- *“Recursos compartilhados aplicados a uma solução de um problema coordenado em uma organização virtual multi-institucional dinâmica.” [Foster et. al]*

Como as grades se parecem?



Iniciativas de Grades

Australia

- Nimrod-G
- Gridbus
- GrangeNet.
- APACGrid
- ARC eResearch



Brazil

- OurGrid, EasyGrid
- LNCC-Grid + many others



China

- ChinaGrid – Education
- CNGrid - application

Europe

- UK eScience
- EU Grids..
- and many more...



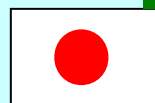
India

- Garuda



Japan

- NAREGI



Korea...

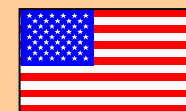
- N*Grid

Singapore

- NGP

USA

- Globus
- GridSec
- AccessGrid
- TeraGrid
- Cyberinfrastructure
- and many more...

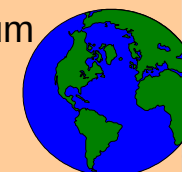


Industry Initiatives

- IBM On Demand Computing
- HP Adaptive Computing
- Sun N1
- Microsoft - .NET
- Oracle 10g
- Infosys – Enterprise Grid
- Satyam – Business Grid
- StorageTek –Grid..
- and many more

Public Forums

- Open Grid Forum
- Australian Grid Forum
- Conferences:
 - CCGrid
 - Grid
 - HPDC
 - E-Science



Grid5000 (França)

└─ <http://www.grid5000.fr>

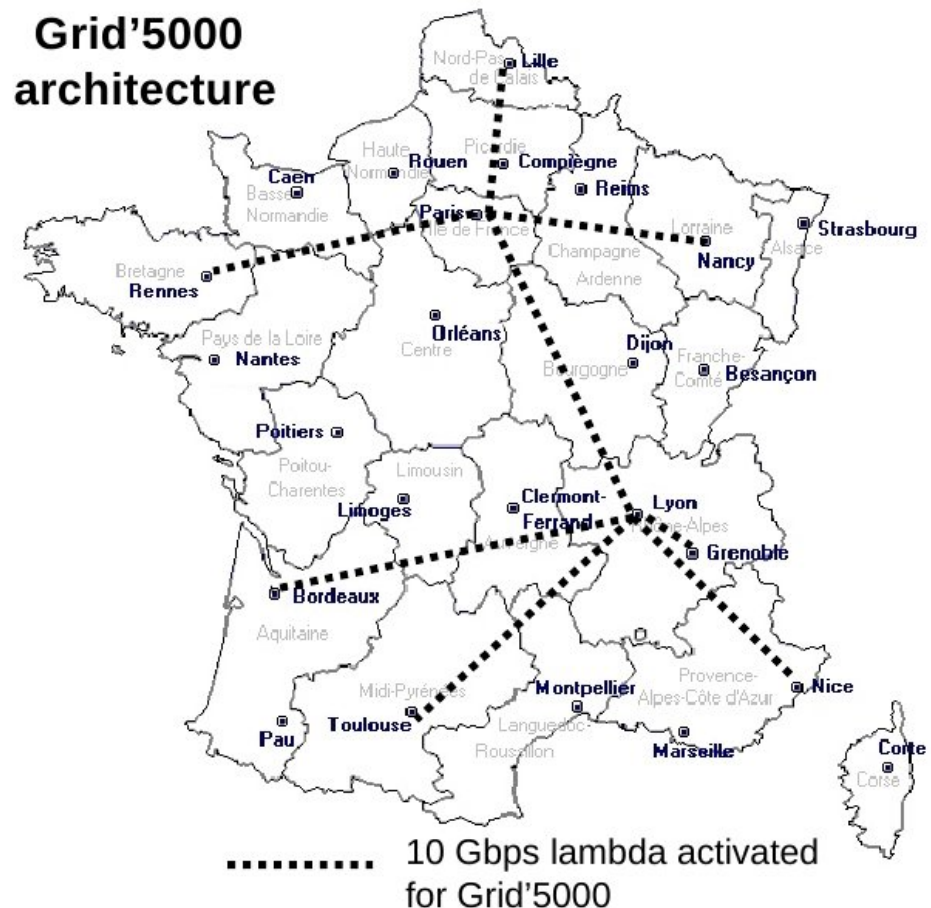
Mais de 9 sites
interconectados por uma
rede dedicada

└─ +/- 8000 processors

└─ Rede?

└─ Ponto no Brasil: UFRGS / POA

Grid'5000 architecture



Grid5000



Processor families

Processors \ Sites	Bordeaux	Grenoble	Lille	Luxembourg	Lyon	Nancy	Reims	Rennes	Sophia	Toulouse	Processors total
AMD Opteron	226		52		158		88	80	212	280	1096
Intel Xeon	102	232	148	44		328		178	90		1122
Sites total	328	232	200	44	158	328	88	258	302	280	2218

Processor details

Processors \ Sites	Bordeaux	Grenoble	Lille	Luxembourg	Lyon	Nancy	Reims	Rennes	Sophia	Toulouse	Processors total
AMD Opteron 2218	186								100	280	566
AMD Opteron 250					158						158
AMD Opteron 275									112		112
AMD Opteron 285			52								52
AMD Opteron 6164 HE							88	80			168
AMD Opteron 8218	40										40
Intel Xeon E5420 QC		68									68
Intel Xeon E5440 QC			92								92
Intel Xeon E5520		164							90		254
Intel Xeon E5620			56								56
Intel Xeon EM64T	102										102
Intel Xeon L5335				44							44
Intel Xeon L5420						184		128			312
Intel Xeon X3440						144					144
Intel Xeon X5570								50			50
Sites total	328	232	200	44	158	328	88	258	302	280	2218

Nuvem Computacional (Cloud Computing)

Nuvem Computacional

- Nuvens Computacionais introduziram uma nova forma de **entrega de serviços de TI**, baseada em **diminuição de custos, escalabilidade** e provisionamento **sob demanda**, guiado pelos **requisitos dos usuários**.

- **Motivações:**

- Flexibilidade
- Elasticidade
- Economia
- Simplificação das infraestruturas de TI: recursos físicos e administração

- **Motivador Tecnológico:**

- Virtualização de recursos computacionais.



Windows Azure

Tecnologia de Virtualização

“A virtualização de um recurso consiste na desmaterialização de sua capacidade física e funcional, e em sua representação através de entidades e serviços virtuais [MG09]”

Exemplos:

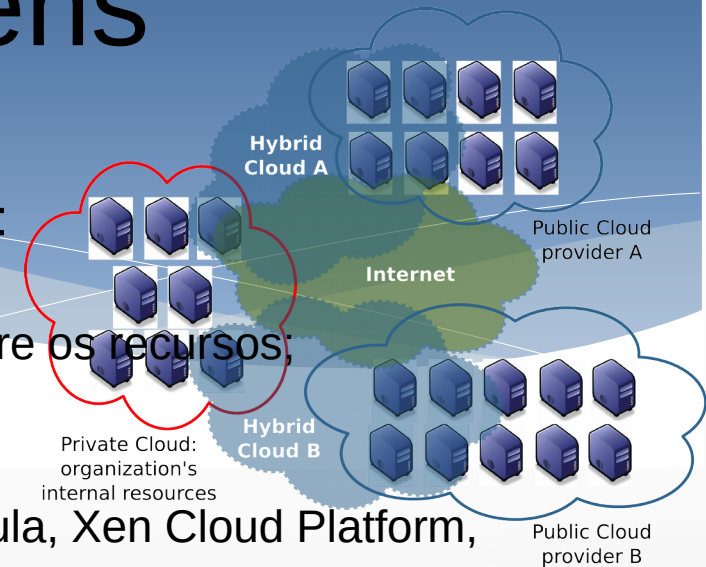
- Criação de máquinas virtuais que atuam como recursos físicos
- Criação de canais de comunicação virtuais que abstraem o verdadeiro caminho físico

Motivação

- Melhor utilização dos recursos físicos
- Possibilidade de reconfiguração rápida
- Mobilidade
- Segurança, abstração, acesso controlado
- Diminuição de custos administrativos
- Redução de custos com consumo de energia e gerenciamento

Tipos de Nuvens

- Nuvens Privadas (Nuvens internas ou Private Clouds):
 - Recursos internos de uma organização
 - Usualmente os administradores possuem total controle sobre os recursos;
 - Maior confiabilidade e confidencialidade
 - Uso controlado
 - Exemplos de Soluções VMware vCloud Director, OpenNebula, Xen Cloud Platform, Eucalyptus, Lyatiss CloudWeaver
- Nuvens Públicas (Nuvens externas ou Public Clouds):
 - Recursos são expostos sob a forma de serviços que podem ser comercializados
 - Recursos virtuais geograficamente distribuídos
 - Acesso via Internet
 - Exemplo de soluções: Amazon EC2, Microsoft Azure, Salesforce.com, 3Tera, Google App Engine
- Nuvens Híbridas (Hybric Clouds):
 - Combinação de Nuvens Privadas e Públicas
 - Motivação: picos de execução, aumento da carga momentânea, aumento do número de usuários

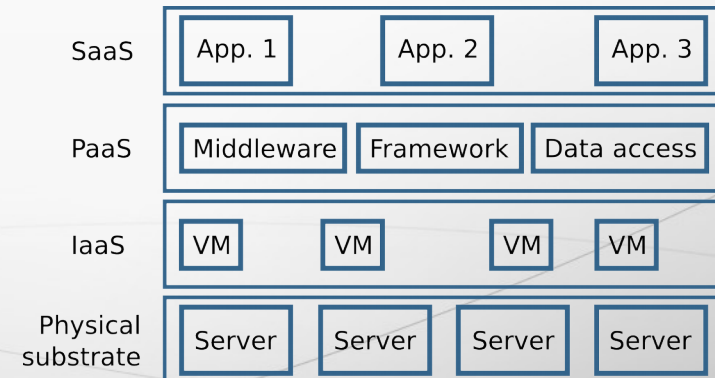
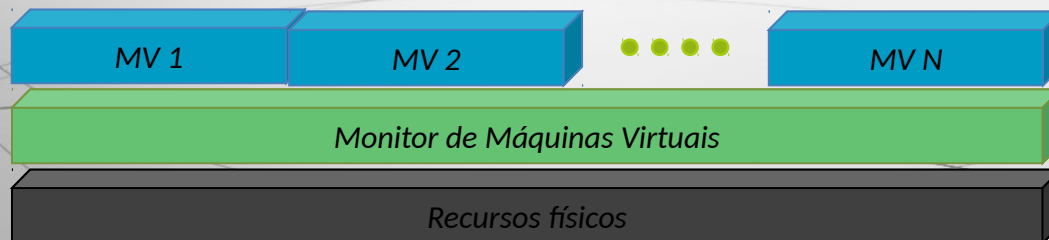


Modelos de Serviços

- Software como serviço (Software as a Service – SaaS):
 - Mais alto nível de abstração;
 - Permite a execução de aplicações que estão alocadas em servidores remotos, usualmente virtualizados; e
 - Exemplos de provedores: Microsoft Online, Salesforce.com, Rackspace, SAP Business ByDesign, Google Apps, NetSuite.
- Plataforma como serviço (Platform as a Service – PaaS):
 - Oferece frameworks que permitem o desenvolvimento de aplicações;
 - Exemplos de ferramentas: desenho, modelagem, desenvolvimento, testes e integração;
 - Não requer a instalação local das ferramentas;
 - Gerenciamento automático da escalabilidade; e
 - Exemplos de provedores: Google App Engine, Microsoft Windows Azure e Force.com.

Modelos de Serviços

- Infraestrutura como serviço (Infrastructure as a Service – IaaS)
 - Oferece máquinas virtuais como serviços sob demanda
 - Atualmente, MVs são interconectadas usando uma abordagem best-effort
 - Exemplos de provedores: Amazon EC2, GoGrid, Rackspace e Flexiscale



Coprocessadores & Aceleradores Gráficos

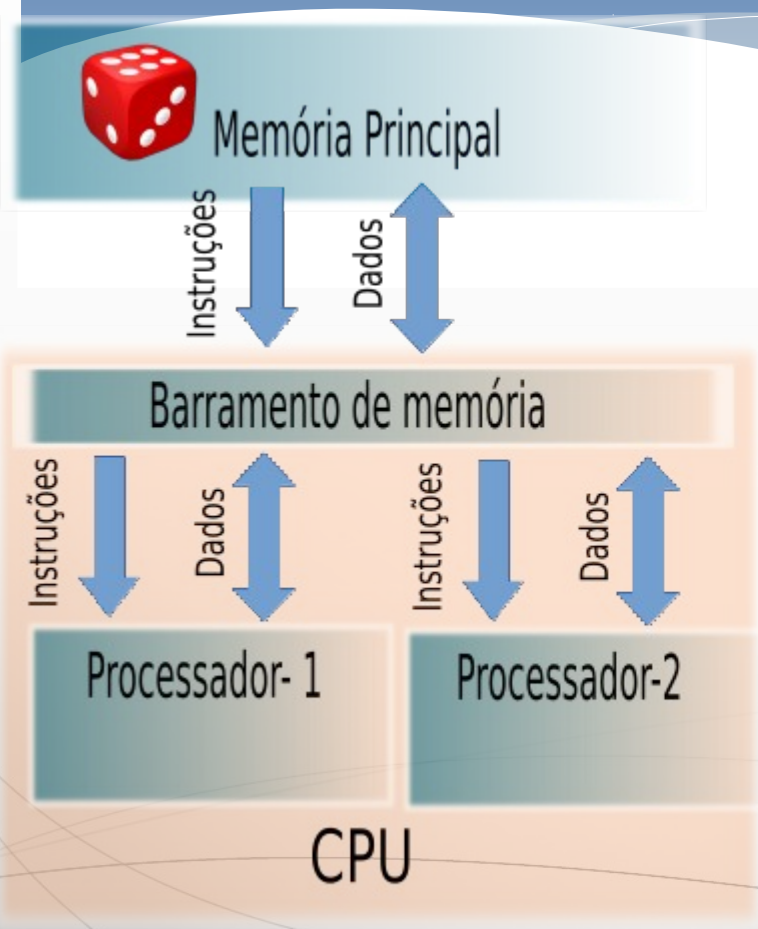
Introdução

- Um coprocessador é um processador de computador com funções suplementares utilizado para auxiliar o processador principal (CPU).
 - Coprocessadores podem ser usados para funções especializadas, e.g. *aritmética de pontos flutuantes, processamento gráfico, processamento de sinais.*
- Aceleradores Gráficos são coprocessadores em forma de placas gráficas, bastante comuns em computadores modernos, chamados de GPU (*Graphics Processor Units*)
 - 2006: PhysX PPU (*Physycs Processing Units*)
 - 2008: Nvidia e AMD (GPU's)
 - 2012: Intel Xeon Phi

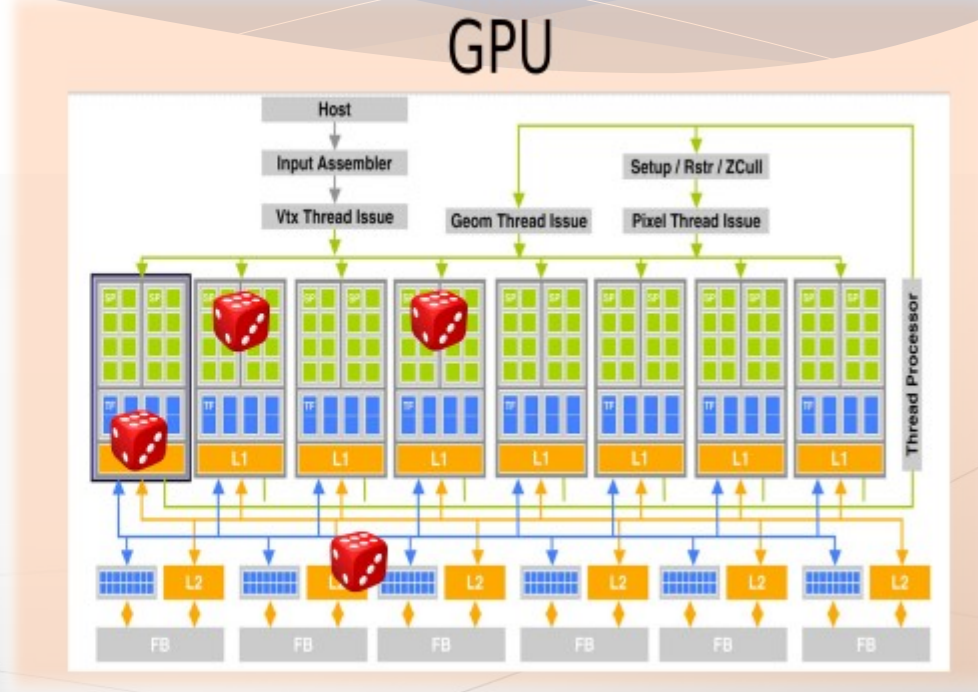
Evolução da Arquitetura de GPU

- Pipeline Gráfico (propósito específico)
 - Operações de vértices
 - Primitivas de montagem
 - Rasterização
 - Operações de fragmentos
 - Composição
- Hardware para processar as operações específicas de vértices e fragmentos precisaram ser mais complexos.
 - Nova realidade das aplicações gráficas
 - O nicho de atuação das GPUs sempre foi naturalmente o paralelismo
- CPUs dividem seu pipeline em “passos de tempo”, enquanto GPUs em “passos de espaços”

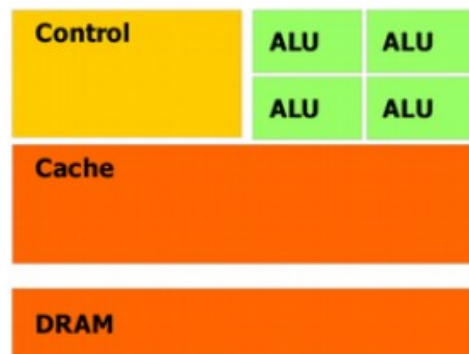
CPU → PCIe → GPU



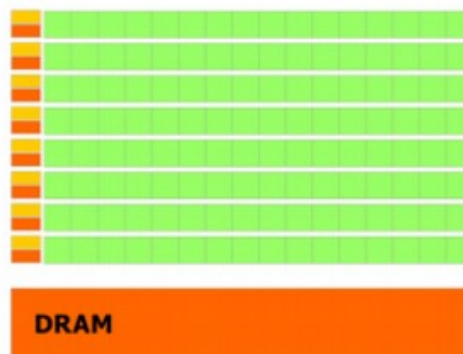
PCIe



CPU vs. GPU



CPU

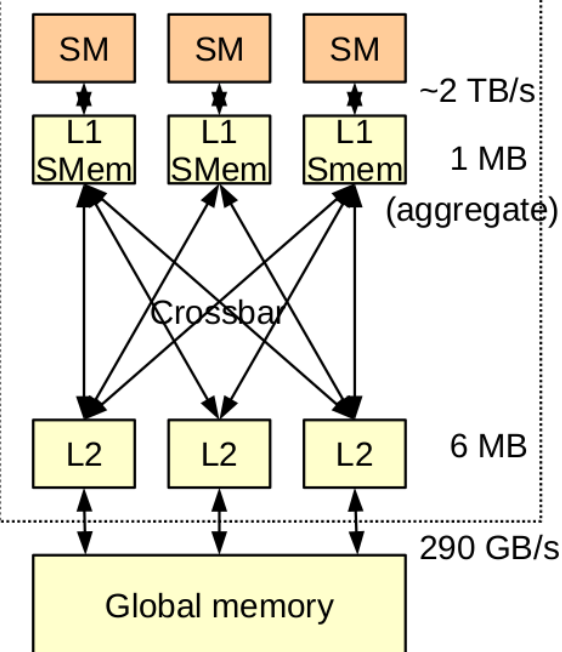


GPU

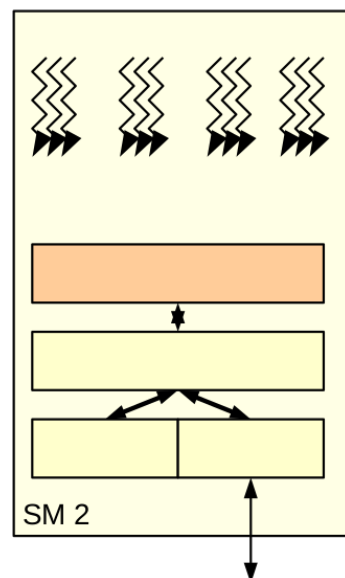
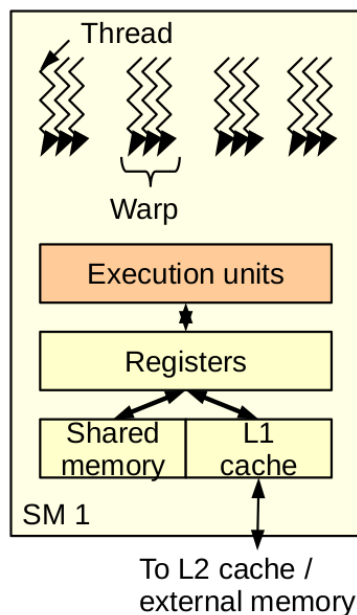
GPU

Graphics card

GPU chip

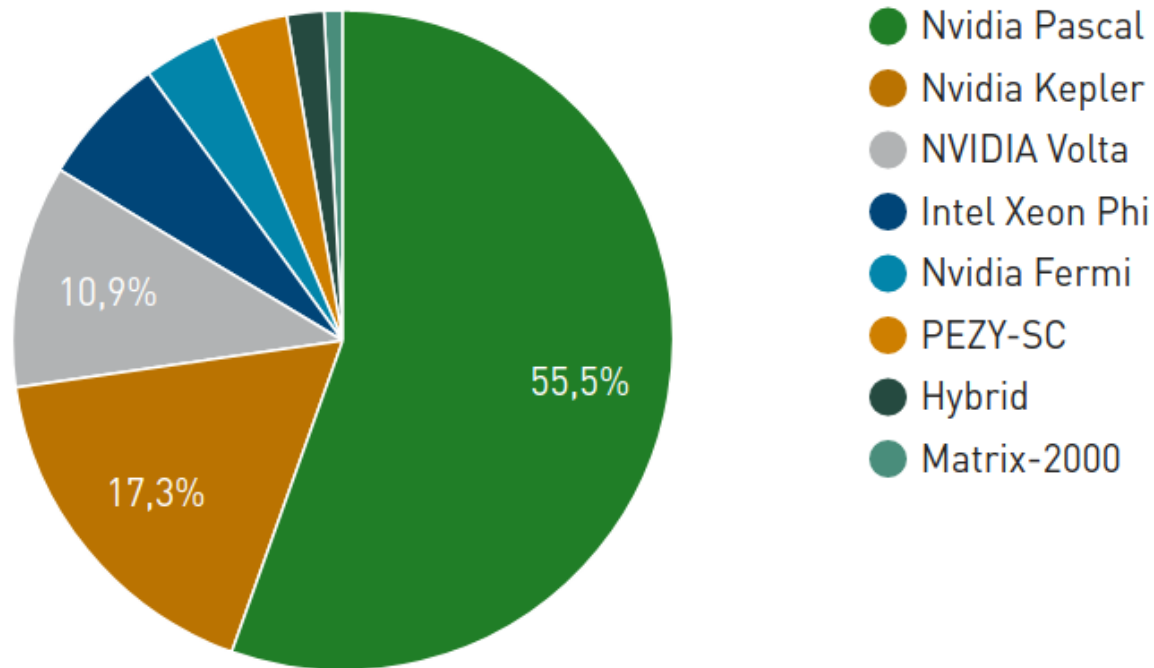


Streaming
Multiprocessors

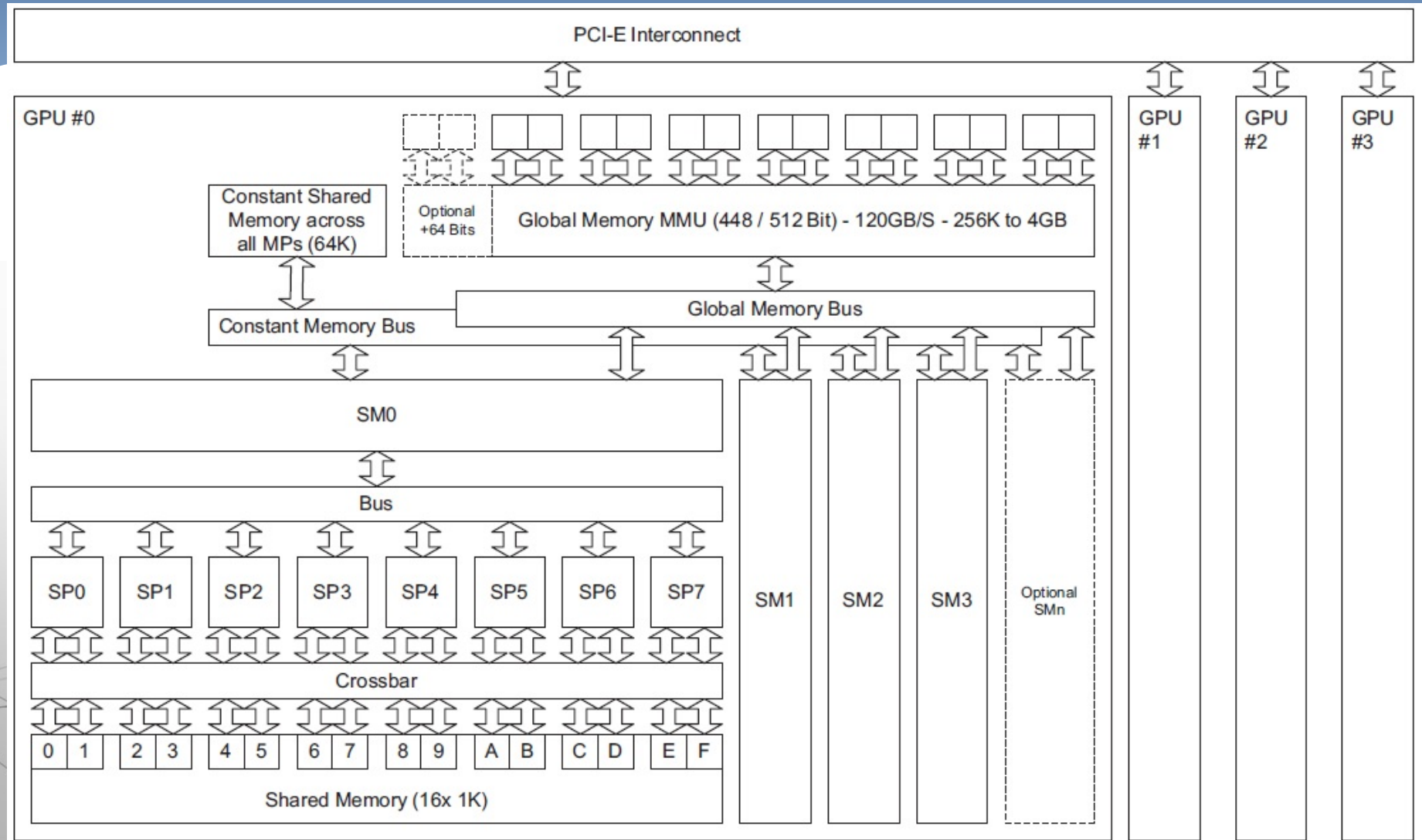


TOP500: Junho/2018

Accelerator/CP Family System Share



Esquema Arquitetura GPU



Acesso de Memória: GPU

Thread

Memória local
por Thread

Bloco

Memória
Compartilhada
por Bloco

Grade 0

Bloco (0,0)

Bloco (1,0)

Bloco (2,0)

Bloco (0,1)

Bloco (1,1)

Bloco (2,1)

Grade 1

Bloco (0,0)

Bloco (1,0)

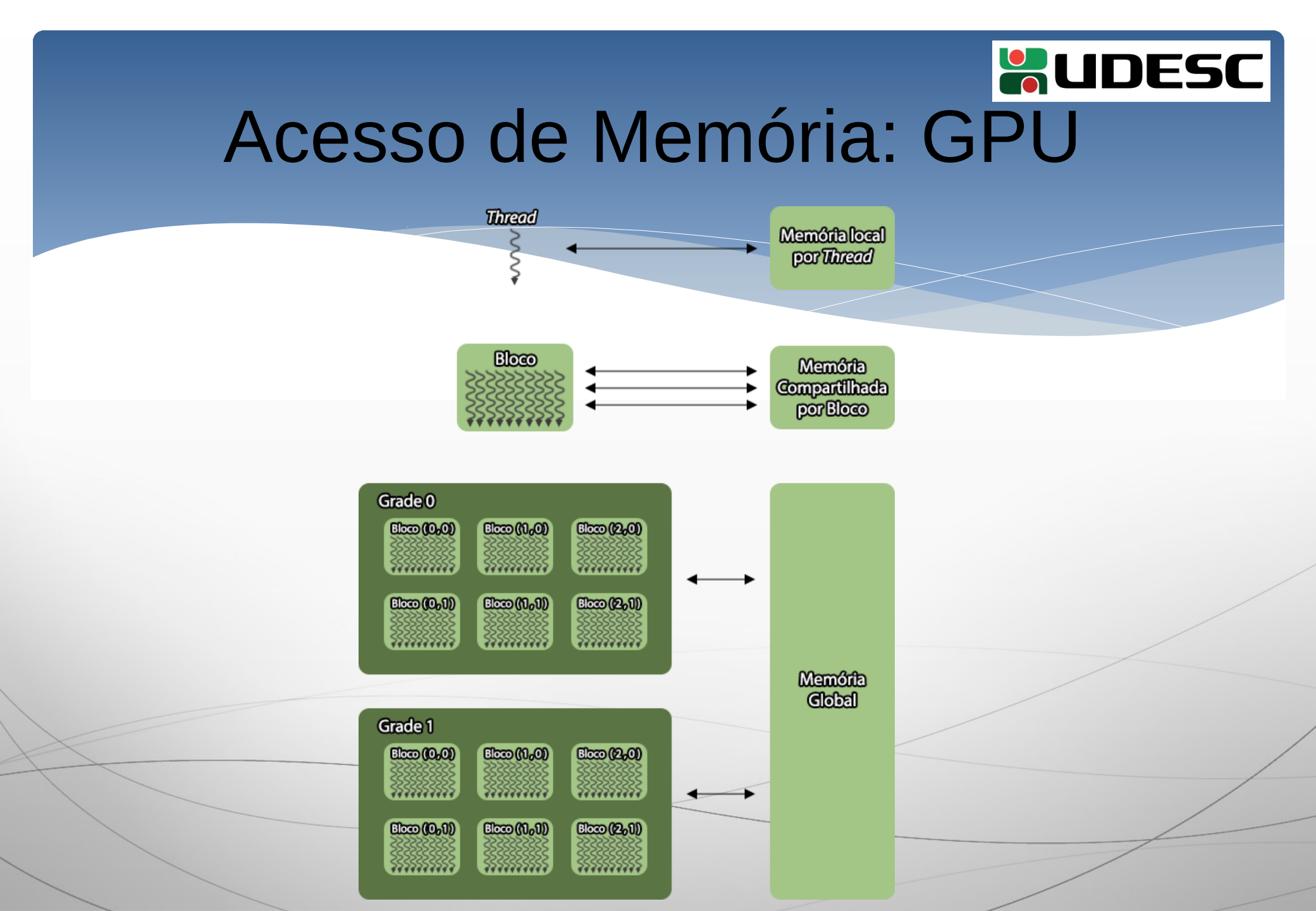
Bloco (2,0)

Bloco (0,1)

Bloco (1,1)

Bloco (2,1)

Memória
Global



Interface de Programação em GPU

- GPGPU (*General-Purpose Computation on Graphics Hardware*)
 - <http://gpgpu.org/>
- O que usar para programar em GPU?
 - OpenCL (Open Computing Language)
 - Suportado tanto pela AMD quanto pela Nvidia.
 - CUDA (Compute Unified Device Architecture)
 - Normalmente, mais eficiente que OpenCL nos dispositivos Nvidia.