

## Organização e Arquitetura de Computadores

INE5607

*Prof. Mario Dantas*

### I. Organização de Computadores Modernos

- 1.1 - Introdução
- 1.2 - Multicomputadores
- 1.3 - Multiprocessadores
- 1.4 - Multiprocessores simétricos (SMP)
- 1.5 - Máquinas com Acesso Uniforme à Memória (UMA)
- 1.6 Máquinas com Acesso Não Uniforme à Memória (NUMA)

### Organização de Computadores Modernos (Cont.)

- 1.7 - Máquinas com Coerência de Cache e Acesso Não Uniforme à Memória (ccNUMA)
- 1.8 - Processadores Massivamente Paralelos (MPP)
- 1.9 - Sistemas Distribuídos
- 1.10 - Clusters
- 1.11 Grids

### II. Organização de Software

- 2.1 - Ambientes de programação: Web services, PVM e MPI
- 2.2 Ferramentas: sistemas gerenciadores de tarefas e recursos
- 2.3 - Ambientes de middleware: sistemas de imagem única (SSI)

### Referências Bibliográficas

1. Patterson, D. A., Hennessy, J.L., *Computer Organization and Design Second Edition : The Hardware/Software Interface*, Morgan Kaufmann; 2nd edition, ISBN: 1558604286, 1997.
2. Culler, D.E., Singh, J.P., *Parallel Computer Architecture – A Hardware/Software Approach*, Morgan Kaufmann, ISBN 1-55860-343-3, 1999.
3. Dantas, Mario, *Computação Distribuída de Alto-Desempenho: Redes, Clusters e Grids Computacionais*, Axcel Books, ISBN 85-7323-240-4, 2005.

### I. Organização de Computadores Modernos

- 1.1 - Introdução
- 1.2 - Multicomputadores
- 1.3 - Multiprocessadores
- 1.4 - Multiprocessores simétricos (SMP)
- 1.5 - Máquinas com Acesso Uniforme à Memória (UMA)
- 1.6 Máquinas com Acesso Não Uniforme à Memória (NUMA)

## 1.1 - Arquitetura dos Computadores Modernos

### Objetivo:

Os aspectos da evolução tecnológica na área da arquitetura dos computadores, podem prover uma melhor visão aos profissionais envolvidos em projetos de redes, suporte e desenvolvimento de aplicações distribuídas.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

Os primeiros computadores eletrônicos:

- J. Presper Eckert e John Mauchly construíram o primeiro computador eletrônico na Moore School na Universidade da Pennsylvania durante a II Guerra Mundial.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

A máquina chamada de ENIAC - Electronic Numerical Integrator and Calculator- foi somente conhecida do público em 1946.

Esta máquina foi usada pelo US Army para cálculo das tabelas de tiro.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

Os primeiros computadores eletrônicos:

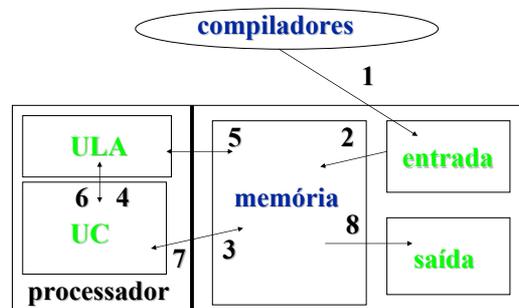
Em 1944, von Neumann foi convidado a participar do projeto. Nesta época o grupo discutia como armazenar os programas para ser processados.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

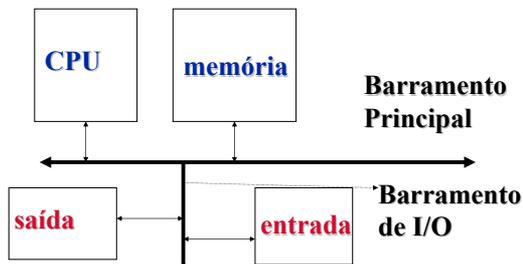
Von Neumann escreveu um artigo sobre o trabalho chamando o computador de EDVA - Electronic Discrete Variable Automatic Computer. Deste fato, surgiu o termo famoso:

a arquitetura de von Neumann.

## Arquitetura dos Computadores Modernos



## Arquitetura dos Computadores Modernos



## Arquitetura dos Computadores Modernos

Os primeiros Computadores Eletrônicos:

- Em 1946, Maurice Wilkes da Universidade de Cambridge visitou a Moore School para assistir aulas sobre o desenvolvimento de computadores eletrônicos. Voltando para Cambridge decidiu criar um projeto semelhante, e criou o EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator).

## Arquitetura dos Computadores Modernos

Os primeiros Computadores Eletrônicos:

O EDSAC foi o primeiro computador eletrônico operacional quanto ao armazenamento de programas.

- Konrad Zuse na Alemanha no final dos anos 30 e princípios dos anos 40 desenvolveu um computador programável.
- Outra iniciativa foi o Colossus desenvolvido pelos ingleses durante a II Guerra.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

Eckert and Muchly formaram um empresa em 1947 para a construção do primeiro computador comercial, o Binac. Depois de problemas financeiros, estes venderam a Remington-Rand que colocou no mercado o UNIVAC I (Universal Automatic Computer). O número de 48 sistemas foram construídos e o custo do primeiro em 1958 foi de US\$ 1.000.000 .

## Arquitetura dos Computadores Modernos

A IBM estava no mercado de escritórios, mas não antes de 1950 decidiu investir na construção do seu primeiro computador, IBM/701 (1952). Só em 1964, num comunicado surpreendente para a época anunciou o lançamento do System/360. Um máquina que podia variar em sua configuração e preço.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

A Digital por volta de 1965 começa a comercializar o PDP-8, que foi o primeiro *minicomputador* do mercado. Este computador foi uma boa notícia para o mercado de usuários, uma vez que esta máquina podia ser comprada por US\$ 20.000. Somente em 1971 a Intel apresentou o primeiro microprocessador do mercado, o Intel 4004.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

Em 1963 Seymour Cray anunciou o primeiro *supercomputador*, o CDC 6600. Em 1976, Cray já na sua empresa anuncia a máquina mais rápida e cara do mundo, o *Cray-I*. Em 1996, a SGI (Silicon Graphics) compra a Cray Research o que indica a não existência de mais nenhuma empresa no mercado dedicada a construção de *supercomputadores*.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

Em 1977, a computação pessoal é alcançada através do *Apple II* de Steven Jobs e Steve Wozniak. Devido ao baixo custo, grande volume de armazenamento para a época e a alta confiabilidade estabeleceu-se a indústria dos computadores pessoais. Somente quatro anos depois, 1981, a IBM lança o IBM-PC com o processador Intel e o DOS da Microsoft.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

Devido a arquitetura aberta do IBM-PC, logo este microcomputador tornou-se padrão no mercado. A Apple ficou com um segundo lugar muito abaixo dos computadores IBM-PC compatíveis. Hoje em dia é verificado que o CD mais vendido no mundo é o CD do Sistema Operacional da Microsoft.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

(Fonte: Hennessy e Patterson)

Geração	Período	Tecnologia	Produto
I	1950-59	Tubos a vácuo	Computador
II	1960-68	Transistors	Computador baixo custo
III	1969-77	C. Integrados	Minis
IV	1978-	LSI e VLSI	PC e WS

## Arquitetura dos Computadores Modernos

(Fonte: Museu do Computador - Boston)

Ano	Nome	Memória (k)	Preço (US\$)
51	Univac I	48	1.000.000
64	IBM /360	64	1.000.000
65	PDP-8	4	16.000
76	Cray I	32768	4.000.000
81	IBM PC	256	3.000
91	HP9000	16384	7.400
96	Intel Pro	16384	4.400

## Arquitetura dos Computadores Modernos

É reconhecido na literatura e verificado no mercado, o fato de que novos projetos de computadores, com arquiteturas proprietárias, tornam-se a cada dia mais inviáveis economicamente. Mas de onde vem a inovação e o desempenho dos novos computadores ?

## Arquitetura dos Computadores Modernos

Cientistas da computação têm trabalho no aumento do desempenho das taxas dos *clocks* dos processadores. Desta maneira, arquiteturas de processadores *CISCs* e *RISCs* têm inovado os projetos dos computadores modernos empregando técnicas :

- (1) *inovativas* quanto ao maior *uso de software* e
- (2) *semelhantes* à aquelas utilizadas em *supercomputadores e mainframes*.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

O que vem ser um computador com arquitetura CISCs ?

É um computador que emprega um processador com uma arquitetura conhecida como *Complex Instruction Set Computer*, ou seja um processador que utiliza complexas instruções de baixo nível de hardware para o funcionamento do ambiente.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

O que vem ser um computador com arquitetura CISCs ?

Neste paradigma de projeto a *inteligência* do software é *desconsiderada*, ou seja quase tudo é efetuado a nível de instruções do processador.

*Supercomputadores e Mainframes* empregam, usualmente, este tipo de abordagem.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

O que vem ser um computador com arquitetura CISCs ?

Um exemplo muito interessante de se notar é a empresa de microprocessadores *Intel*. Esta emprega esta tecnologia em seus processadores.

Os processadores *Pentium* e o *P6* são exemplos de CPUs que empregam esta tecnologia CISC. Então por que RISC ?

## Arquitetura dos Computadores Modernos

O que vem ser um computador com arquitetura CISCs ?

O processador *P7* da Intel lançado após o *P6* pode ilustrar uma possível resposta. Este processador emprega uma técnica mista, onde algumas instruções baseada na tecnologia *CISC* são incorporadas ao conjunto de instruções do processador.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

O que vem ser um computador com arquitetura CISCs ?

Item	286	386	486	Pentium	P6	P7
• Projeto	1978	1982	1986	1989	1990	1993
• MIPS	1	5	20	100	250	500
• Venda	1983	1986	1990	1994	1996	2000
• Instalação (milhões)	9,7	44,2	75	4.5	-	-

## Arquitetura dos Computadores Modernos

O que vem ser um computador com arquitetura RISC ?

Nos anos 80 alguns projetos de processadores, algumas vezes conhecidos como *orientados a linguagem*, foram estabelecidos por várias empresas.

Esta abordagem foi denominada de *RISC (Reduce Instruction Set Computer)*.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

O que vem ser um computador com arquitetura RISC ?

O estágio de evolução das linguagens de programação e o baixo custo de memória podiam significar menos instruções de baixo nível.

Exemplo de processadores RISCs são MIPS, Sun SPARC, HP PA-RISC, IBM PowerPC, DEC Alpha.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

O que vem ser um computador com arquitetura RISC ?

Como Patterson e Hennessy comentam, desde 1982 quase todos os novos *instruction sets* seguem a tecnologia *RISCs*.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

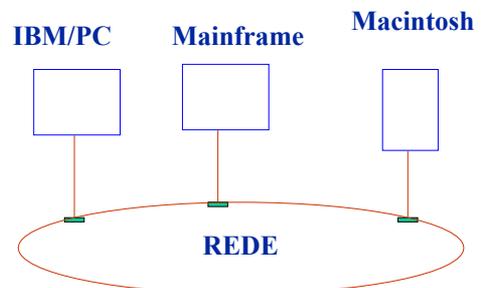
Conjunto de Instruções	Número aproximado de unidades no final anos 90
•80x86	50.000.000
• MIPS	5.500.000
• PowerPC	3.300.000
• SPARC	700.000
• HP PA-RISC	300.000
• DEC Alpha	200.000

## Arquitetura dos Computadores Modernos

Como poderíamos definir os seguintes sistemas computacionais?

- Supercomputador
- Mainframe (grande porte)
- Minicomputador
- Workstation
- Microcomputador

## Arquitetura dos Computadores Modernos



## Arquitetura dos Computadores Modernos

Rede de Interconexão (Interconnection Networks) são redes de altíssima velocidade projetadas para interconectar processadores e memórias numa arquitetura paralela. A ordem de grandeza da largura de banda é de *Gbytes/sec* e o retardo na casa dos *n segundos*.

## Arquitetura dos Computadores Modernos

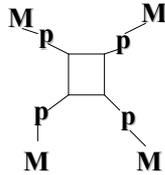
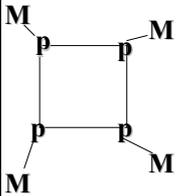
Redes de Interconexão podem ser configuradas de uma forma estática ou dinâmica.

Topologias adotadas geralmente usadas são:

- *linear array, ring, star, tree, nearest-neighbor mesh, systolic array, completely connected, 3-cube, 4-cube*

## Arquitetura dos Computadores Modernos

- Redes de Interconexão



## Arquitetura dos Computadores Modernos

- Redes de Interconexão

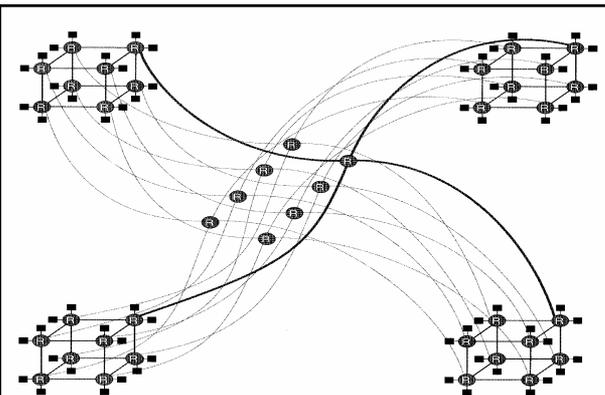
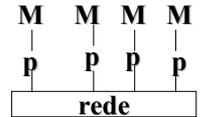
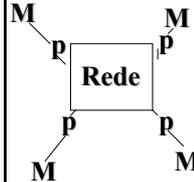


Figure 2-20 128-processor Cray Origin2000 System Topology Using the Cray Meta Router

## Taxonomia de Arquitetura de Computadores

Devido à existência de uma grande diversidade de arquitetura de computadores, inúmeras taxonomias já foram propostas, tentando uniformizar de maneira mais coerente às características dos diferentes sistemas computacionais.

## Taxonomia de Arquitetura de Computadores

A classificação dos ambientes de hardware mais aceita na área de arquitetura computadores é a conhecida *taxonomia de Flynn*.

A seguir apresentamos a taxonomia de Flynn.

## Taxonomia de Arquitetura de Computadores

SISD (*Single Instruction Single Data*)

Computadores com esta característica são aqueles que executam uma instrução de um programa por vez, ou seja, o modelo tradicional do processador único.

Um exemplo seria seu computador pessoal com um processador convencional;

## Taxonomia de Arquitetura de Computadores

SIMD (*Single Instruction Multiple Data*)

Neste tipo de arquitetura existe, também, a execução de uma única instrução. Todavia, devido à existência de facilidades em hardware para armazenamento (um vetor ou *array*), a mesma instrução é processada sob diferentes itens de dados.

## Taxonomia de Arquitetura de Computadores

Exemplo de computadores com esta arquitetura são as máquinas ILLIAC IV (Universidade de Illinois), Thinking Machine CM- 2 e MASP PAR MP-1216.

Máquinas tais como NEC SX e Cray T90 são modelos de máquinas vetoriais que têm um modelo conceitual semelhante às arquiteturas SIMD, mas com a vantagem de poderem realizar o processamento sob parte dos elementos. Desta forma, aumentando o desempenho da configuração por causa da sua computação concorrente.

## Taxonomia de Arquitetura de Computadores

MISD (*Multiple Instruction Single Data*)

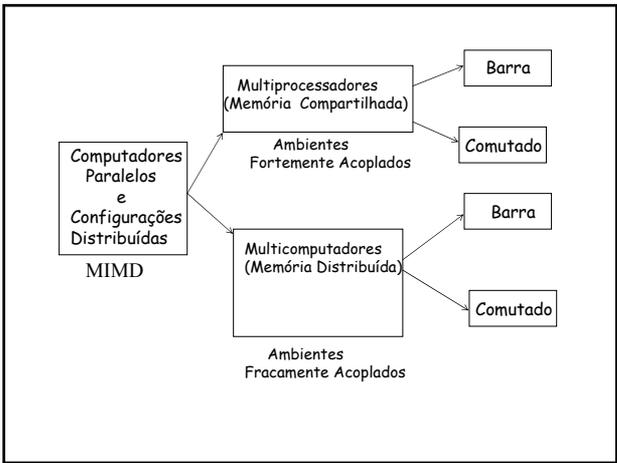
Não se tem conhecimento de arquitetura de máquinas com múltiplas instruções trabalhando com um único conjunto de dados concorrente.

## Taxonomia de Arquitetura de Computadores

MIMD (*Multiple Instruction Multiple Data*)-

Arquiteturas sob esta classificação têm múltiplos processadores, cada qual podendo executar instruções independente dos demais.

Exemplos são os computadores paralelos da linha SP da IBM, Intel Paragon, Thinking Machines CM-5 e configurações distribuídas de clusters de computadores.



**MIMD**

Quando estamos trabalhando com arquiteturas de multiprocessadores e multicomputadores é usual usarmos a palavra nó ao invés de usarmos a palavra processador.

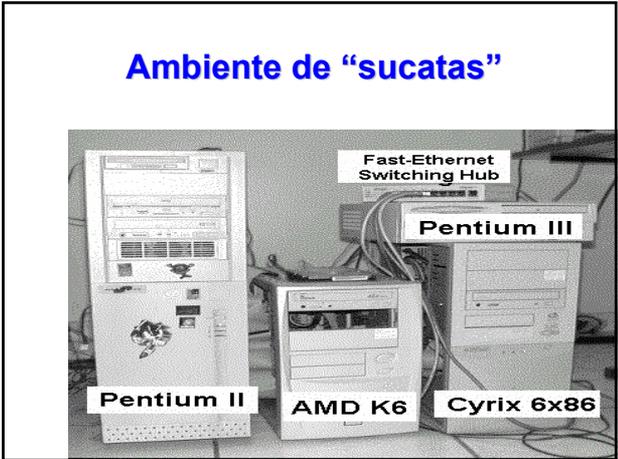
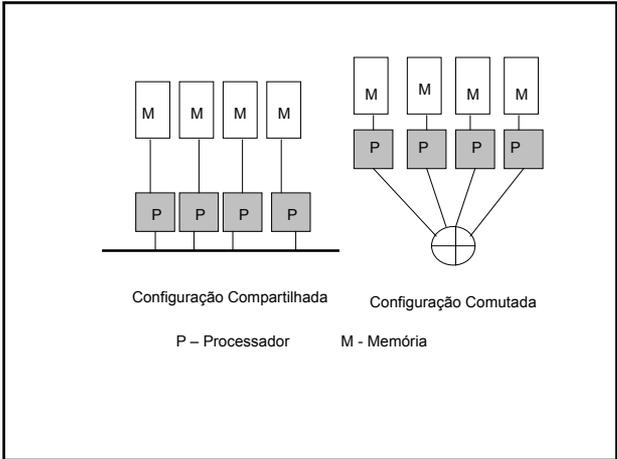
Ocorre que um nó pode ser composto por um, ou mais, processadores, todos com suas memórias locais.

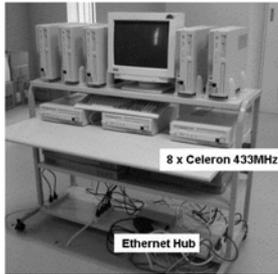
- I. Organização de Computadores Modernos**
- 1.1 - Introdução
  - 1.2 - Multicomputadores
  - 1.3 - Multiprocessadores
  - 1.4 - Multiprocessadores simétricos (SMP)
  - 1.5 - Máquinas com Acesso Uniforme à Memória (UMA)
  - 1.6 Máquinas com Acesso Não Uniforme à Memória (NUMA)

**1.2 - Multicomputadores**

Os computadores com arquitetura conhecida como *multicomputadores* são ambientes *fracamente acoplados*.

Em outras palavras, estas configurações caracterizadas por centenas (ou até milhares) de processadores têm suas próprias memórias locais.





(a) Cluster dedicado



(b) Cluster não-dedicado



Blade da Intel

## I. Organização de Computadores Modernos

### 1.1 - Introdução

### 1.2 - Multicomputadores

### 1.3 - Multiprocessadores

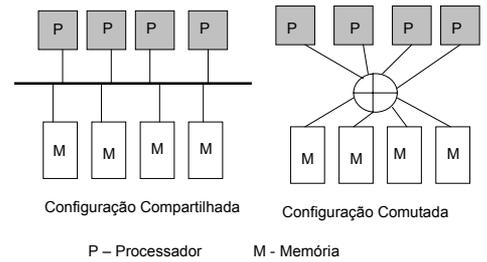
### 1.4 - Multiprocessores simétricos (SMP)

### 1.5 - Máquinas com Acesso Uniforme à Memória (UMA)

### 1.6 Máquinas com Acesso Não Uniforme à Memória (NUMA)

## 1.3 - Multiprocessadores

Estas arquiteturas são caracterizadas por vários processadores compartilhando uma única memória, ou um conjunto de memórias (não devemos nos esquecer que a memória de um computador pode fisicamente ser composta por *uma placa única* de memória ou composta por *conjunto* de placas de memórias).



## Multiprocessadores

A arquitetura dos multiprocessadores é conhecida como *fortemente acoplada*,

uma vez que processadores e memória estão fortemente interligados através de seu sistema local de interconexão.

## Multiprocessadores

A arquitetura de um multiprocessador é caracterizada pelo compartilhamento global da memória pelos diversos processadores do ambiente.

A escalabilidade em uma configuração multiprocessada varia entre alguns até centenas de processadores



(a) TX7 da NEC



(b) Altix da SGI

### **I. Organização de Computadores Modernos**

#### 1.1 - Introdução

#### 1.2 - Multicomputadores

#### 1.3 - Multiprocessadores

#### 1.4 - Multiprocessores simétricos (SMP)

#### 1.5 - Máquinas com Acesso Uniforme à Memória (UMA)

#### 1.6 Máquinas com Acesso Não Uniforme à Memória (NUMA)

## 1.4 - Multiprocessadores Simétricos (SMP)

Os ambientes denominados como multiprocessadores simétricos (*Symmetric MultiProcessor - SMP*), são conhecidos como

*arquiteturas de compartilhamento total.*

Estas configurações são caracterizadas por até dezenas de processadores compartilhando todos os recursos computacionais disponíveis e executando um único sistema operacional.

## Multiprocessadores Simétricos (SMP)

Os processadores são considerados simétricos, uma vez que têm os mesmos custos para acesso à memória.

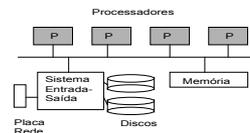
Todos, por exemplo, possuem acesso igual à memória e a qualquer dispositivo conectado no sistema de entrada e saída.

## Multiprocessadores Simétricos (SMP)

Um exemplo clássico de uma configuração SMP é ilustrado através da próxima figura.

Esta figura pode auxiliar o leitor a compreender melhor o conceito de uma máquina SMP.

## Multiprocessadores Simétricos (SMP)



Configuração clássica de uma arquitetura SMP.

## Multiprocessadores Simétricos (SMP)

Observe que a configuração é caracterizada por vários processadores compartilhando uma única memória e um único sistema de entrada e saída.

Um fator particular da configuração é não possuir múltiplas memórias e nem tão pouco múltiplos sistemas de entrada e saída, mas apenas múltiplos processadores.

## Multiprocessadores Simétricos (SMP)

A utilização de configurações SMP é mais popular do que se possa imaginar.

Exemplos comerciais que empregam esta abordagem são os servidores de fabricantes como a Compaq, IBM, Dell e HP.

Estas máquinas são usualmente denominadas pelos fabricantes como servidores de pequeno porte, pois possuem até dezena de processadores.

## Multiprocessadores Simétricos (SMP)

Os pequenos servidores visam melhorar o desempenho de aplicações por intermédio do compartilhamento do código com uma memória única utilizando mais intensamente os processadores disponíveis.

Uma aplicação exemplo seria um sistema de banco de dados. Com uma maior capacidade de processamento, uma máquina SMP é ideal para prover uma maior rapidez nas consultas e atualizações nos banco de dados.

## Multiprocessadores Simétricos (SMP)

Na literatura sobre arquitetura de computadores alguns autores têm uma definição mais relaxada sobre os ambientes SMP.

Existem algumas configurações onde encontramos processadores que possuem suas próprias memórias, ou ainda um determinado processador com acesso exclusivo ao sistema de entrada e saída.

## Multiprocessadores Simétricos (SMP)

Sob outros pontos de vista, estas variações de configuração descaracterizam uma abordagem SMP pura, assim não consideramos como tal.

Estes ambientes podem não garantir o acesso uniforme com os mesmos custos à memória.

### **I. Organização de Computadores Modernos**

#### 1.1 - Introdução

#### 1.2 - Multicomputadores

#### 1.3 - Multiprocessadores

#### 1.4 - Multiprocessores simétricos (SMP)

#### 1.5 - Máquinas com Acesso Uniforme à Memória (UMA)

#### 1.6 Máquinas com Acesso Não Uniforme à Memória (NUMA)

## 1.5 - Multiprocessadores (UMA)

A arquitetura SMP sofre uma degradação à medida que o número de elementos que desejam se comunicar cresce na configuração.

Um outro paradigma possível de ser empregado é o uso de uma interconexão comutada.

A utilização de comutadores (switches) como elemento de interligação entre processadores e memória não escalam bem.

Existe um aumento no custo de ordem quadrática em relação ao número de portas que são acrescentadas à configuração.

## Multiprocessadores (UMA)

Existem soluções de interconexão entre processadores e memória que podem agregar largura de banda a configuração, no entanto o custo não se torna proibitivo.

Naturalmente, nestas soluções devemos considerar um certo retardo que deverá ser acrescido para o acesso à memória.

## I. Organização de Computadores Modernos

1.1 - Introdução

1.2 - Multicomputadores

1.3 - Multiprocessadores

1.4 - Multiprocessores simétricos (SMP)

1.5 - Máquinas com Acesso Uniforme à Memória (UMA)

1.6 Máquinas com Acesso Não Uniforme à Memória (NUMA)

## 1.6 - Multiprocessadores (NUMA)

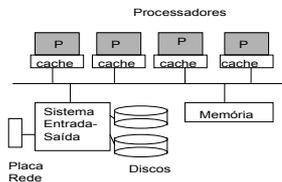
Uma arquitetura denominada de:

*Acesso Não-Uniforme à Memória (Non-Uniform Memory Access - NUMA)*

é conhecida por sua característica de poder escalar até centenas de processadores.

A próxima figura encontra-se uma configuração convencional de uma NUMA.

## Multiprocessadores (NUMA)



## Multiprocessadores (NUMA)

Um fator interessante das máquinas NUMA é que elas preservam o modelo de programação simples de uma configuração SMP.

Neste modelo de programação, processadores podem compartilhar os mesmos dados que estão armazenados em uma memória global.

## Multiprocessadores (NUMA)

Por outro lado, em uma configuração do tipo NUMA é reconhecido que existe um retardo de acesso uniforme a todas as regiões de memória.

Em outras palavras, é de conhecimento do programador que existe um retardo para acesso a determinadas partes da memória por determinados processadores dependendo de suas localizações.

## Multiprocessadores (NUMA)

O controlador da memória local pode decidir se uma determinada operação deve ser realizada na memória local, ou se uma transação de mensagem deve ser realizada com um controlador remoto.

O acesso à memória local é mais rápido, quando comparado ao acesso a uma memória remota.

Desta forma, é comum que o acesso à memória local seja efetuado às partes de código dos processos e que dados compartilhados sejam acessados em memória global.

## Multiprocessadores (NUMA)

O controlador da memória local pode decidir se uma determinada operação deve ser realizada na memória local, ou se uma transação de mensagem deve ser realizada com um controlador remoto.

O acesso à memória local é mais rápido, quando comparado ao acesso a uma memória remota.

Desta forma, é comum que o acesso à memória local seja efetuado às partes de código dos processos e que dados compartilhados sejam acessados em memória global.

## Organização de Computadores Modernos (Cont.)

1.7 - Máquinas com Coerência de Cache e Acesso Não Uniforme à Memória (ccNUMA)

1.8 - Processadores Massivamente Paralelos (MPP)

1.9 - Sistemas Distribuídos

1.10 - Clusters

1.11 Grids

## 1.7 - Multiprocessadores (ccNUMA)

A implementação prática de uma máquina com arquitetura NUMA é conhecida como máquina com:

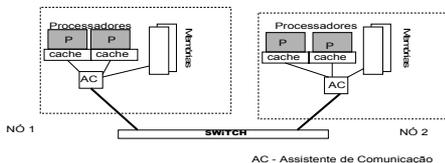
Acesso Não-Uniforme à Memória com Coerência de Cache (Cache Coherence Non-Uniform Memory Access – ccNUMA).

## Multiprocessadores (ccNUMA)

Máquinas com esta abordagem são configurações escaláveis de multiprocessadores, com apresenta a próxima figura.

Aplicações tais como os serviços de Web, banco de dados, processamento de sinal, CRM e ERP são aplicações candidatas a serem utilizadas em configurações ccNUMA.

## Multiprocessadores (ccNUMA)



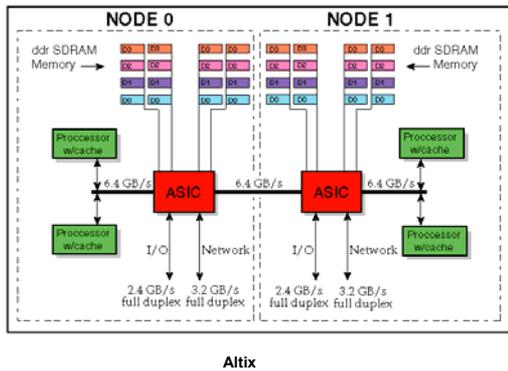
## Multiprocessadores (ccNUMA)

A seguir apresentamos alguns exemplos comerciais de máquinas com característica ccNUMA.

## Multiprocessadores (ccNUMA)

O computador ilustrado na figura anterior tem as seguintes peculiaridades:

- Dois nós com quatro processadores Intel Itanium;
- Em cada barramento existem dois processadores interligados com taxa de transmissão de 6.4 GB/segundo; quatro módulos de memória de 64 GB;
- Os controladores de memória têm taxa de transmissão entre 8.51 e 10.2 GB/segundo;
- O sistema de interconexão com taxa de transmissão de 6.4 GB/segundo;
- Largura agregada de transmissão de entrada/saída de 4.8 GB/segundo.



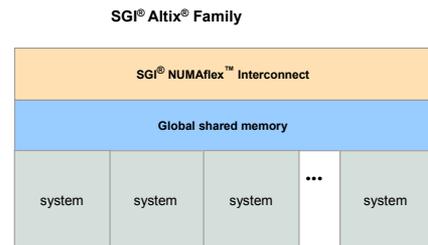
Altix

## Multiprocessadores (ccNUMA)

A visão de um usuário da configuração é ilustrada na próxima figura.

É interessante observar que para uma visão de alto nível existe a abstração de uma máquina com vários Processadores compartilhando uma única memória.

Todavia, sabemos que não existe realmente uma única memória, mas várias trabalhando como se fosse uma única.

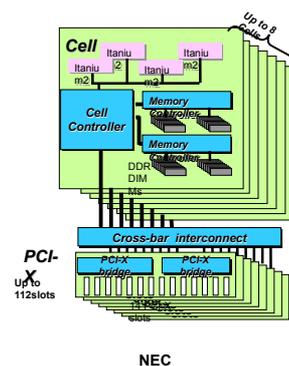


Altix

## Multiprocessadores (ccNUMA)

O exemplo apresentado a seguir é da NEC-HP, máquina conhecida como TX-7.

Esse multiprocessador é um exemplo clássico de ccNuma. Verifique a teoria que comentamos sobre uma configuração ccNuma e observe a máquina da próxima figura.



NEC

Organização de Computadores Modernos (Cont.)

1.7 - Máquinas com Coerência de Cache e Acesso Não Uniforme à Memória (ccNUMA)

1.8 - Processadores Massivamente Paralelos (MPP)

1.9 - Sistemas Distribuídos

1.10 - Clusters

1.11 Grids

## 1.8 - Processadores Massivamente Paralelos (MPP)

As máquinas com configuração

massivamente paralelas (*Massively Parallel Processors – MPP*), são conhecidas como arquiteturas fracamente acopladas.

Computadores sob este paradigma são classificados usualmente como multicomputadores.

### Processadores Massivamente Paralelos (MPP)

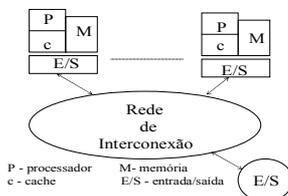
Deve-se entender que um MPP pode ser composto também por um conjunto de multiprocessadores, onde cada multiprocessador é um nó de uma configuração do tipo multicomputador.

### Processadores Massivamente Paralelos (MPP)

Apresentamos um diagrama genérico, na próxima figura, de uma configuração de computador MPP.

Interessante observar que a ordem de grandeza dos nós é de cerca de milhares.

### Processadores Massivamente Paralelos (MPP)



### Processadores Massivamente Paralelos (MPP)

Computadores com a arquitetura MPP são caracterizados por milhares de nós interligados por dispositivos de interconexão de alta velocidade.

Cada nó pode ser composto por um ou mais processadores, possuindo *cache* e memória locais.

## Processadores Massivamente Paralelos (MPP)

Uma outra característica da arquitetura é que cada *nó* possui sua própria cópia de sistema operacional, onde as aplicações executam localmente e se comunicam através de pacotes de troca de mensagem, tais como

- MPI (Message Passing Interface)
- PVM (Parallel Virtual Machine) .

### Organização de Computadores Modernos (Cont.)

1.7 - Máquinas com Coerência de Cache e Acesso Não Uniforme à Memória (ccNUMA)

1.8 - Processadores Massivamente Paralelos (MPP)

1.9 - **Sistemas Distribuídos**

1.10 - Clusters

1.11 Grids

## 1.9 - Sistemas Distribuídos

Os sistemas distribuídos, sob o aspecto de arquitetura de máquinas para execução de aplicativos, devem ser vistos como configurações com grande poder de escala pela agregação dos computadores existentes nas redes convencionais.

## Sistemas Distribuídos

Nos ambientes distribuídos, a homogeneidade ou heterogeneidade de um conjunto de máquinas, onde cada qual possui sua arquitetura de software-hardware executando sua própria cópia de sistema operacional, permite a formação de interessantes configurações de SMPs, de MPPs, de *clusters* e *grids* computacionais.

## Sistemas Distribuídos

O termo *metacomputador* (*metacomputer*) é empregado muitas vezes como referência ao uso de sistemas distribuídos como um grande computador.

## Sistemas Distribuídos

A revista Scientific American publicou em Maio de 1997 uma afirmação dizendo que provavelmente o computador mais rápido existe atualmente é a Internet, ou um subconjunto de suas máquinas da Internet, agrupadas para a execução de uma aplicação.

## Sistemas Distribuídos

Aspectos tais como a segurança, o retardo de comunicação, a confiabilidade, a disponibilidade e a compatibilidade de versões de pacotes de software são alguns pontos a serem considerados com cautela em uma configuração distribuída.

## Organização de Computadores Modernos (Cont.)

1.7 - Máquinas com Coerência de Cache e Acesso Não Uniforme à Memória (ccNUMA)

1.8 - Processadores Massivamente Paralelos (MPP)

1.9 - Sistemas Distribuídos

1.10 - Clusters

1.11 Grids

## 1.10 - Clusters

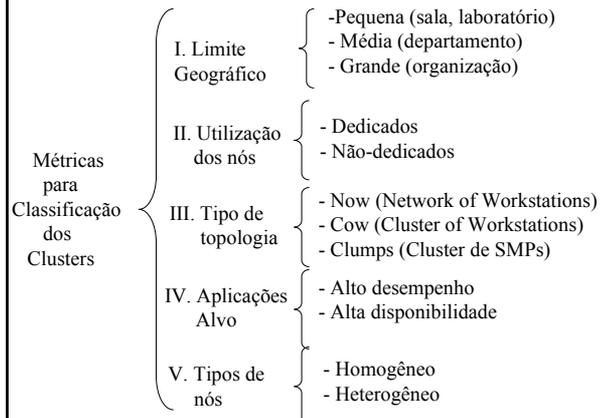
As configurações de *clusters*, em termos de arquiteturas computacionais, podem ser entendidas como uma agregação de computadores de uma forma dedicada (ou não) para a execução de aplicações específicas de uma organização.

## Clusters

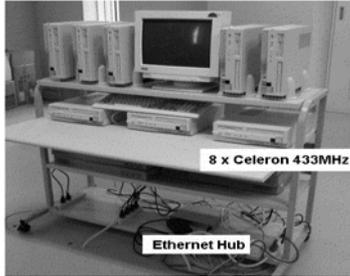
Ilustramos nos próximos exemplos um *cluster* dedicado, ou projetado para rodar exclusivamente as aplicações na configuração, e um outro que representa uma configuração não dedicada.

## Clusters

No segundo ambiente, além da execução de tarefas convencionais monoprocessadas pode ser utilizado como um *cluster* eventual para execução de aplicações que solicitem um maior desempenho computacional agregado.



## Clusters



Ambiente dedicado.

## Clusters



Ambiente não dedicado.

## Clusters

Os *clusters* (ou *agregados* com alguns autores se referem em português), de uma forma geral, são compostos por computadores do tipo IBM-PC com uma característica intrínseca de disponibilidade de uma grande quantidade de recursos (processadores, memórias e capacidade de armazenamento) pertencentes a uma única entidade (laboratório, departamento, filial ou empresa).

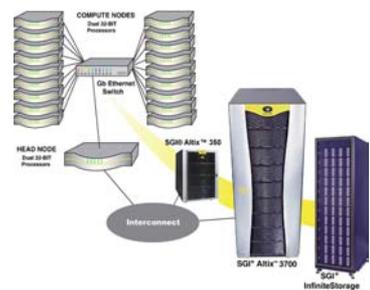
## Clusters

Deve -se entender que é possível projetarmos configurações de *clusters* levando-se em consideração um conjunto de máquinas multiprocessadas.

## Clusters

Na próxima figura apresentamos um *cluster* híbrido de máquinas multiprocessadas da SGI.

## Clusters



Cluster de máquinas multiprocessadas

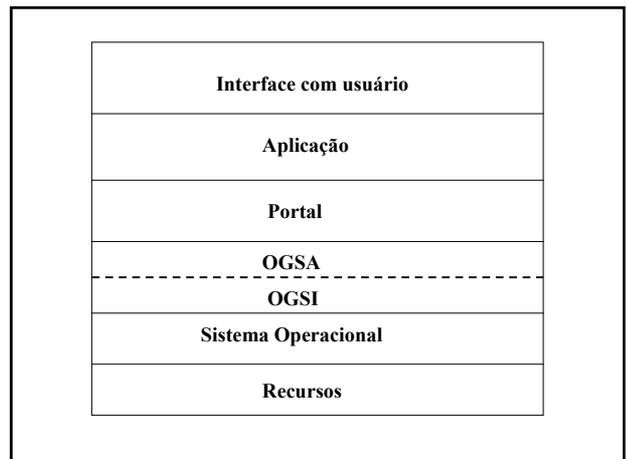
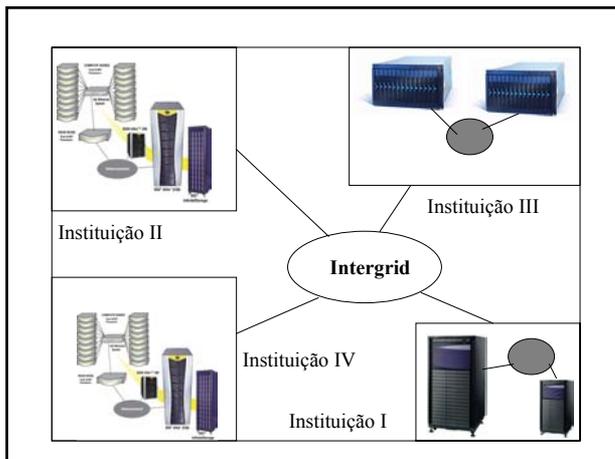
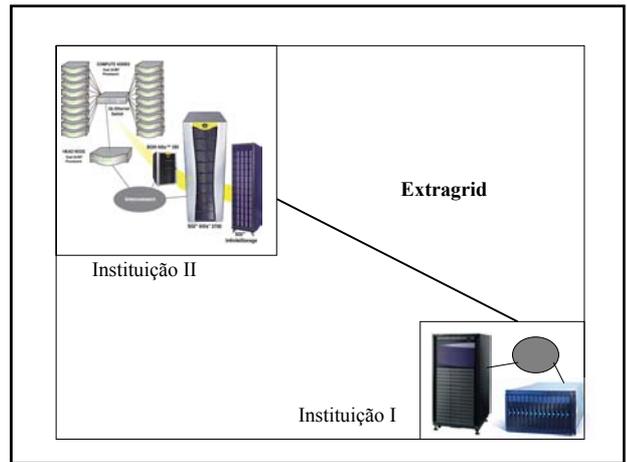
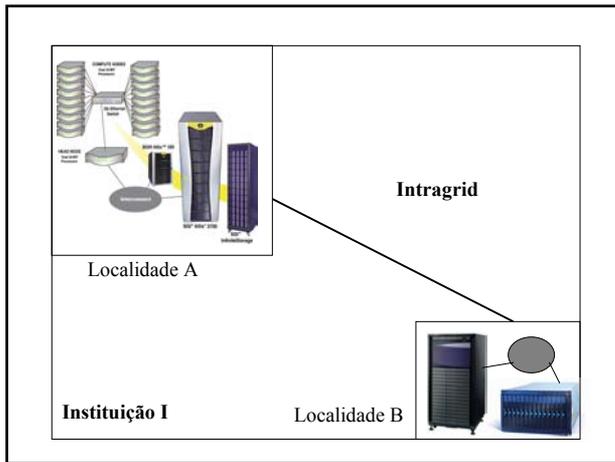
## Clusters

A escalabilidade é um fator diferencial dos ambientes de *cluster*, pois a configuração pode crescer à medida que mais recursos estiverem disponíveis.

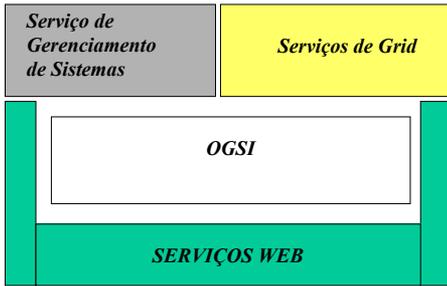
A agregação de máquinas com configurações relativamente pequenas endereçam o paradigma de *pedir ajuda*.

## Organização de Computadores Modernos (Cont.)

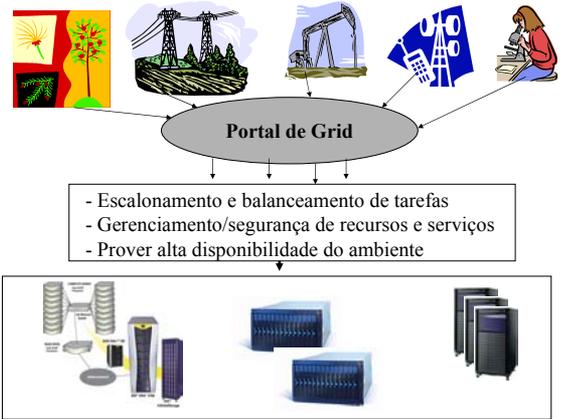
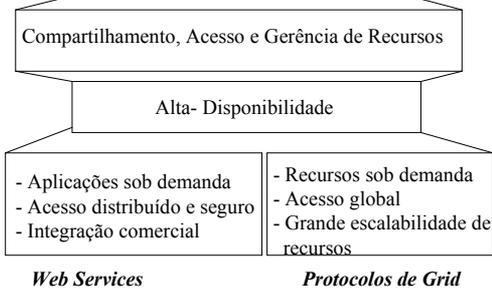
- 1.7 - Máquinas com Coerência de Cache e Acesso Não Uniforme à Memória (ccNUMA)
- 1.8 - Processadores Massivamente Paralelos (MPP)
- 1.9 - Sistemas Distribuídos
- 1.10 - Clusters
- 1.11 Grids



### Modelo OGSA



### Open Grid Services Architecture (OGSA)

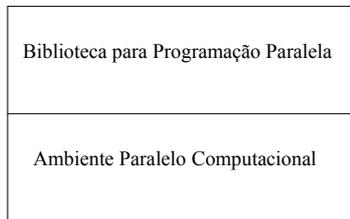


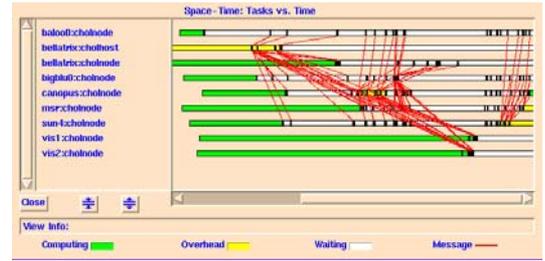
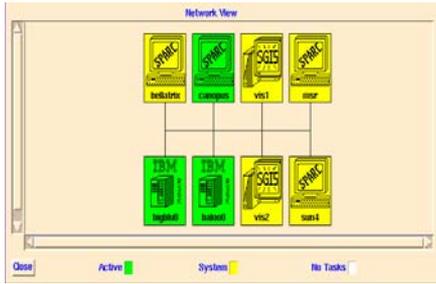
## II. Organização de Software

- 2.1 - Ambientes de programação: Web services, PVM e MPI
- 2.2 Ferramentas: sistemas gerenciadores de tarefas e recursos
- 2.3 - Ambientes de middleware: sistemas de imagem única (SSI)

### PVM

Parallel Virtual Machine



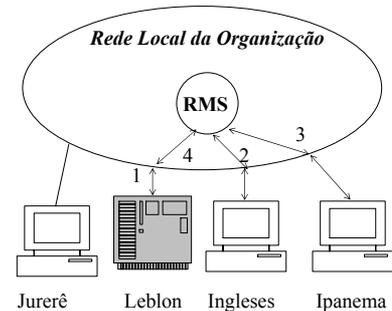


## II. Organização de Software

2.1 - Ambientes de programação: Web services, PVM e MPI

2.2 Ferramentas: sistemas gerenciadores de tarefas e recursos

2.3 - Ambientes de middleware: sistemas de imagem única (SSI)



### Exemplos de Pacotes RMS Comerciais

Pacote RMS	Empresa	Fonte para consulta
LSF ( <i>Loading Sharing Facility</i> )	Platform Computing	[LSF, 2005]
Codine	SUN	[Codine, 2005]
Loadlever	IBM	[LoadLever, 2005]
NQE ( <i>Network Queueing Environment</i> )	SGI/Cray	[NQE 1 e NQE 2, 2005]

### RMS com a abordagem de uso aberto.

Pacote RMS	Organização	Fonte para consulta
Condor	Universidade de Wisconsin	[Condor, 2005]
DQS ( <i>Distributed Queueing System</i> )	Universidade da Flórida	[DQS, 2005]
NQS ( <i>Network Queueing System</i> )	Universidade de Maryland	[NQS, 2005]
PBS ( <i>Portable Batch System</i> )	Nasa – Lab. Aimes	[PBS, 2005]

## II. Organização de Software

2.1 - Ambientes de programação: Web services, PVM e MPI

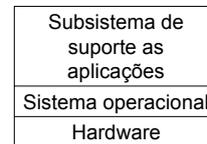
2.2 Ferramentas: sistemas gerenciadores de tarefas e recursos

2.3 - Ambientes de middleware: sistemas de imagem única (SSI)

Em uma configuração distribuída, principalmente nos *clusters* computacionais não dedicados, inúmeras máquinas possuem recursos (exemplos são: processadores, memória, discos) e serviços (exemplos são: compiladores, sistemas de banco de dados, software de visualização) que ficam disponíveis muitas vezes apenas para os usuários locais desses recursos e serviços.

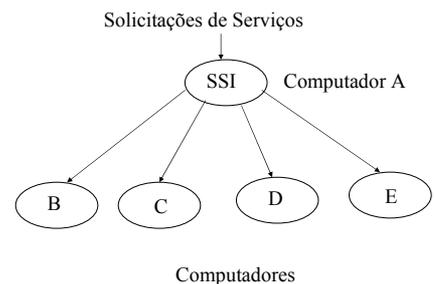
Os sistemas de imagens única, conhecidos na literatura inglesa como *Single System Image* (SSI), podem ser considerados *middlewares* que provêm uma grande abstração para os usuários dos *clusters* quanto a sua configuração física e dos pacotes de softwares instalados no sistema localmente distribuído.

Exemplo de um computador com um SSI.



Na figura anterior um *middleware* denominado de subsistema de suporte as aplicações deverá prover a transparência de acesso e recursos da configuração.

Com esta transparência espera-se que exista um melhor compartilhamento na configuração de *cluster*.



Ambiente de Rede de Organização