

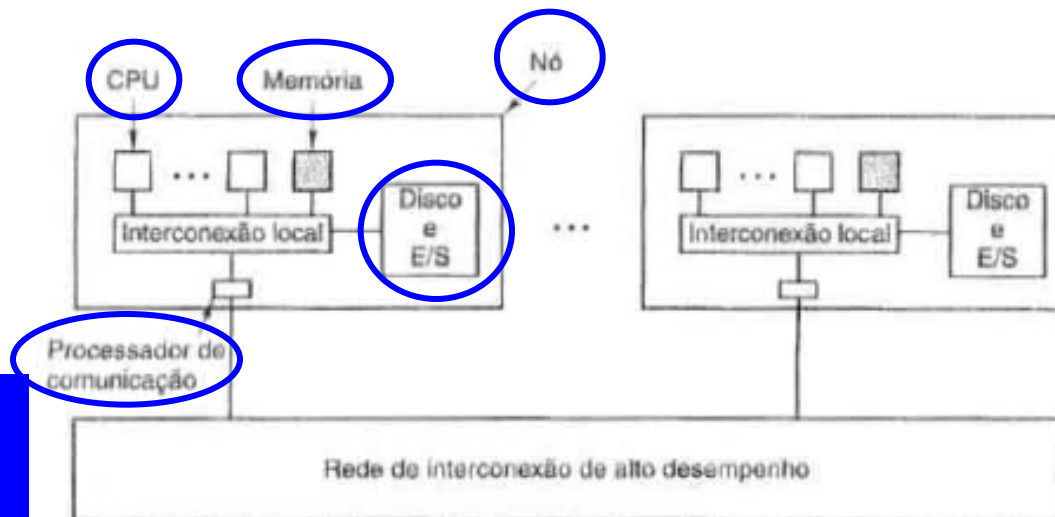
Multicomputadores

Introdução

- ✓ Vimos que existem dois tipos de processadores paralelos MIMD:
 - Multiprocessadores.
 - Multicomputadores.
- ✓ Nos multiprocessadores, existe uma memória compartilhada que pode ser acessada usando instruções LOAD e STORE.
- ✓ Multiprocessadores não podem ser facilmente ampliados para grandes tamanhos.
 - É possível ter multicomputadores com 65536 CPUs.

Introdução

- ✓ **Multicomputadores** → Computadores paralelos nos quais cada CPU tem sua própria memória privada, que não pode ser acessada diretamente por qualquer outra CPU.
- Os programas em CPUs de multicomputadores interagem usando primitivas como SEND e RECEIVE para trocar mensagens - Não é possível utilizar LOAD e STORE para acessar a memória.



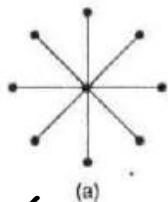
Multicomputador genérico.

Rede de Interconexão

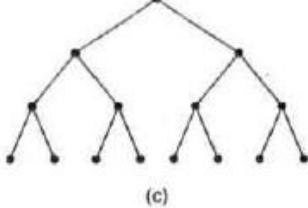
✓ Topologia.

- Descreve como os enlaces e os computadores são organizados.
- Projetos topológicos podem ser modelados como grafos:
 - Arcos $\rightarrow$ Enlaces.
 - Nós $\rightarrow$ Computadores.
- Exemplos.

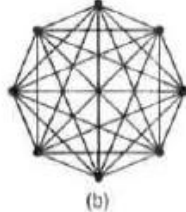
Estrela



Árvore



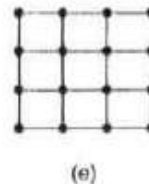
Malha de interconexão completa



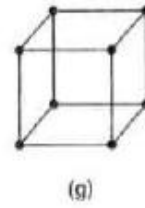
Anel



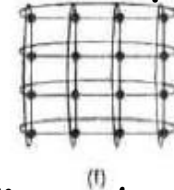
Grade



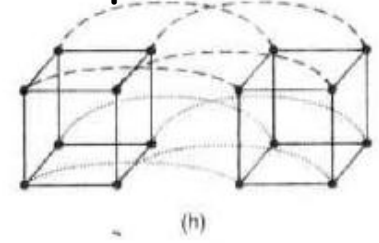
Cubo



Toro duplo



Hipercubo 4D



Rede de Interconexão

✓ Propriedades.

- **Grau** → Número de enlace conectados a um nó.
 - Quanto maior o grau, mais opções de roteamento há e maior é a tolerância à falha.
- **Diâmetro** → Distância entre os dois nós que estão mais afastados.
 - Está relacionado com o pior atraso quando se envia pacotes entre duas CPUs.
 - Quanto menor o diâmetro melhor será o desempenho no pior caso.
- **Largura de banda bisseção** → Quantidade de dados por segundo.

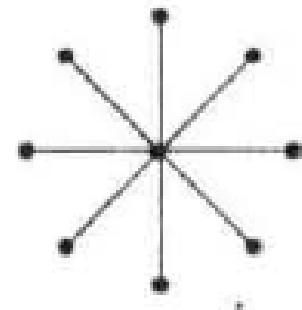
Rede de Interconexão

✓ Propriedades.

- **Dimensionalidade** → Número de opções que há para chegar da fonte ao destino.
 - Se houver um único caminho, a rede possui **dimensão zero**.
 - Se houver um eixo (dois caminhos) - **Unidimensional**.
 - Se houver dois eixos - **Bidimensional**.

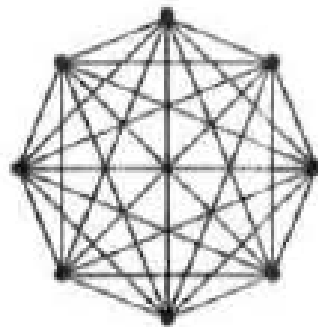
✓ Topologia Estrela.

- Possui dimensão zero.
- Os nós externos possuem as CPUs e memórias e o nó central realiza a comutação.
- Comutador central é o gargalo.



Rede de Interconexão

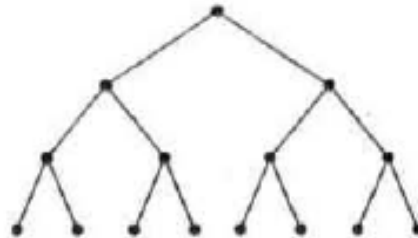
- ✓ Topologia Malha de Interconexão Total.
 - Dimensão zero.
 - Maximiza a largura de banda de bisseção.
 - Extremamente tolerante à falhas.
 - Número de enlaces para k nós é $k(k-1)/2$ - Cresce muito para k grande.



Rede de Interconexão

✓ Topologia Árvore.

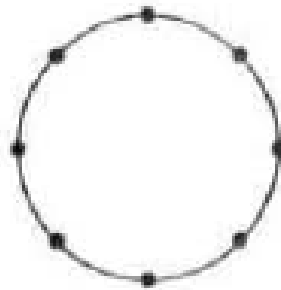
- Largura de banda limitada devido ao grande tráfego nos nós do topo.
- **Solução** → Atribuem maior largura de banda para os nós do topo.



Rede de Interconexão

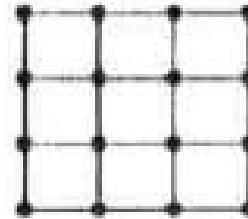
✓ Topologia Anel.

- Unidimensional - Cada pacote pode ir para direita ou esquerda.



✓ Topologia Grade.

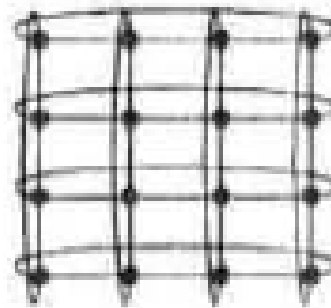
- Fácil de ampliar.



Rede de Interconexão

✓ Topologia Toro Duplo.

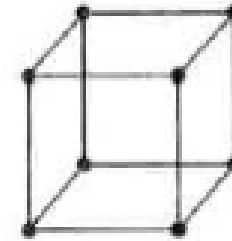
- Variante da topologia grade, as extremidades são conectadas.
- Maior tolerância à falhas que a grade.
- Menor diâmetro que a grade - Arestas opostas podem se comunicar em dois saltos.



Rede de Interconexão

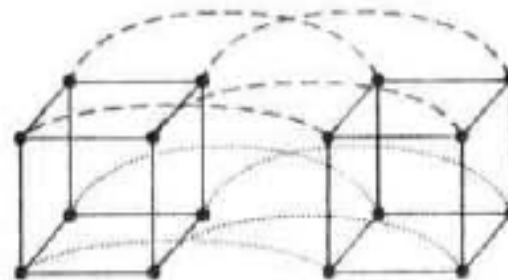
✓ Topologia Cubo.

- É possível ter um cubo $k \times k \times k$.



✓ Topologia Hipercubo 4D.

- Dois cubos tridimensionais com os nós correspondentes conectados.
- Topologia utilizada em muitos computadores paralelos.
- O diâmetro cresce linearmente com a dimensionalidade.



Multicomputadores

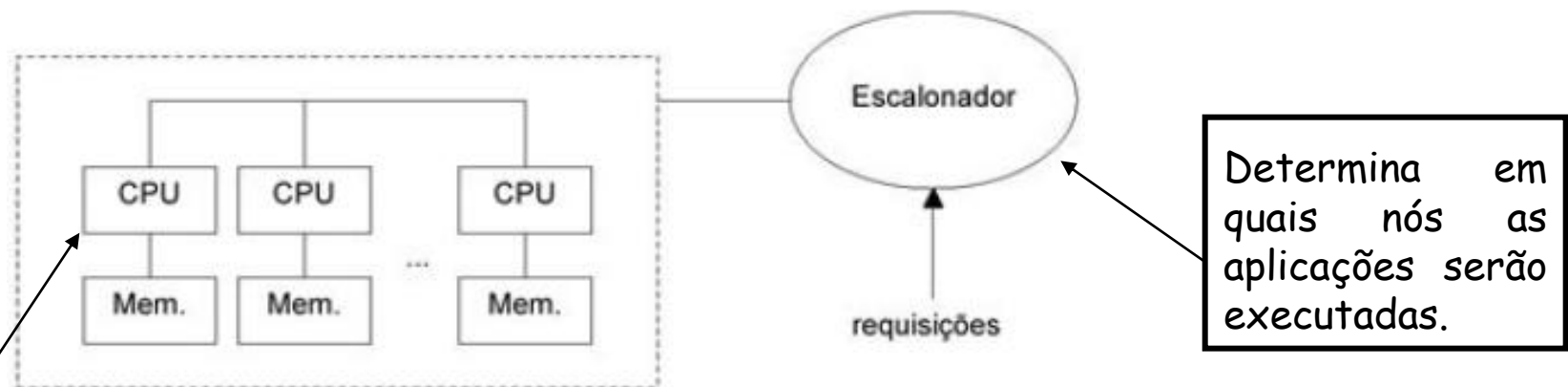
- ✓ Principais multicomputadores:
 - MPPs (Processadores Maciçamente Paralelos) .
 - Clusters.

Multicomputadores

- ✓ **Processadores Maciçamente Paralelos (MPPs).**
- ✓ **Clusters.**

Processadores Maciçamente Paralelos (MPPs)

- ✓ São multicomputadores construídos com milhares de nós (CPU e memória) independentes conectados por uma rede proprietária de alta velocidade.



CPUs são padronizadas →
Pentium, UltraSPARC e PowerPC.

Processadores Maciçamente Paralelos (MPPs)

✓ Aplicações.

- Cálculos imensos em ciências, engenharia e indústria.
 - Modelagem financeira, clima, astronomia entre outros.
 - Armazenamento e gerenciamento de imensos bancos de dados (Data warehousing).

✓ Exemplos de MPPs.

- BlueGene/L.
- Red Storm.

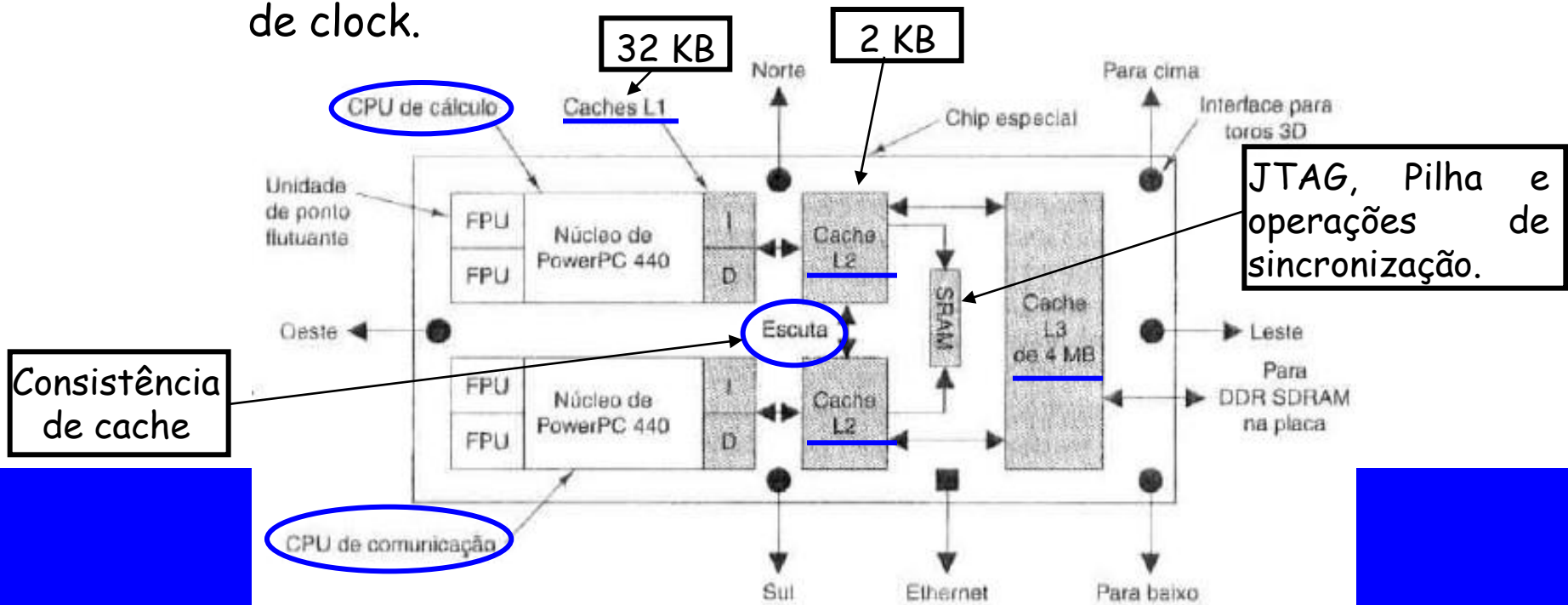
MPP - BlueGene/L

- ✓ Desenvolvido pela IBM.
- ✓ **Objetivo do projeto** → Fabricar o MPP mais rápido e mais eficiente do mundo.
 - **Eficiência** → teraflops/dólar, teraflops/watt e teraflops/m³.
 - Na primeira versão, lançada em 2004, o sistema possuía 16384 nós, operando a 71 teraflops /segundo, 0,4 megawatt e 177,5 megaflops/watt.
 - O sistema final possuía 65 536 nós.

MPP - BlueGene/L

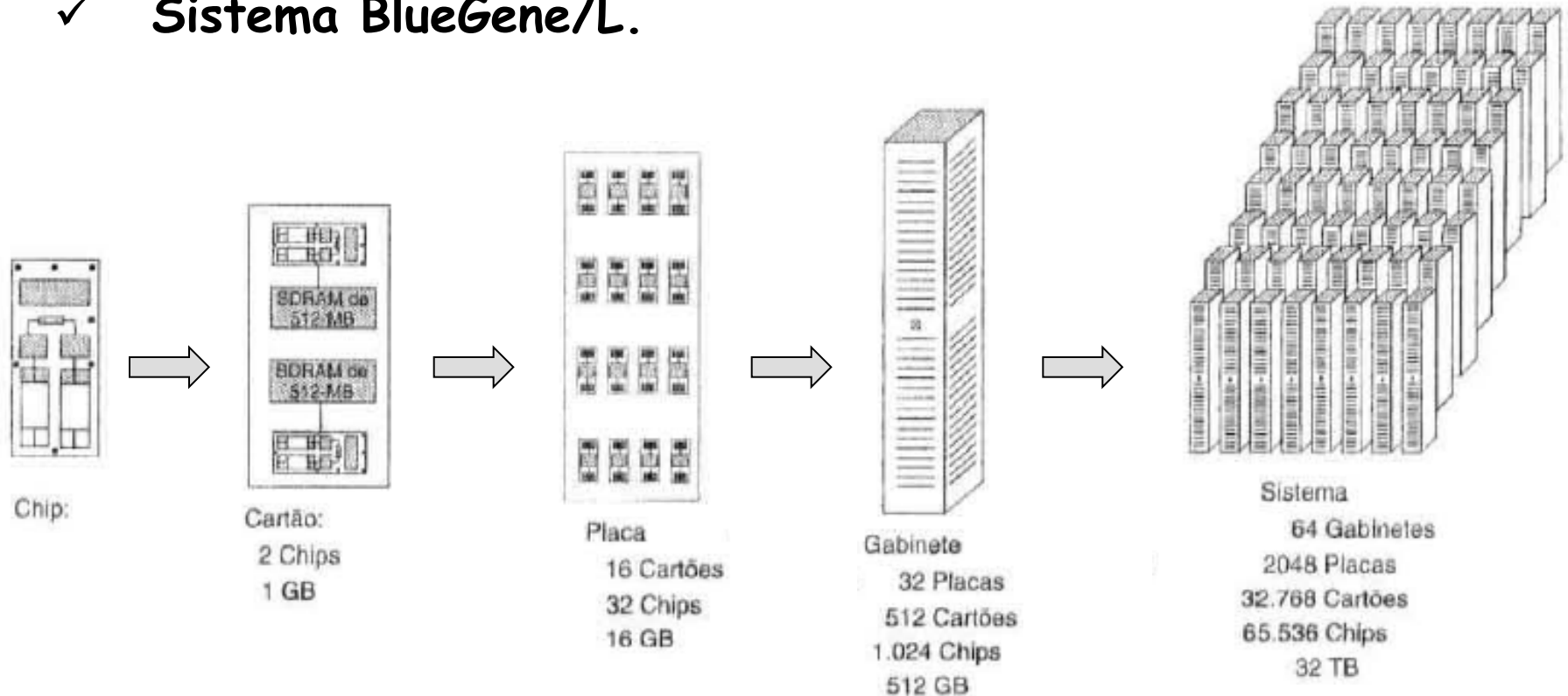
✓ Chip de um nó BlueGene/L.

- Dois núcleos de PowerPC 440 de 700 MHz.
- **PowerPC 440** → Processador superescalar de emissão dual com pipeline.
- Cada núcleo possui um par de unidades ponto flutuante de emissão dual - É possível emitir até quatro instruções por ciclo de clock.



MPP - BlueGene/L

✓ Sistema BlueGene/L.



- Os chips são interconectados por meio de um toro tridimensional 64x32x32.

MPP - BlueGene/L

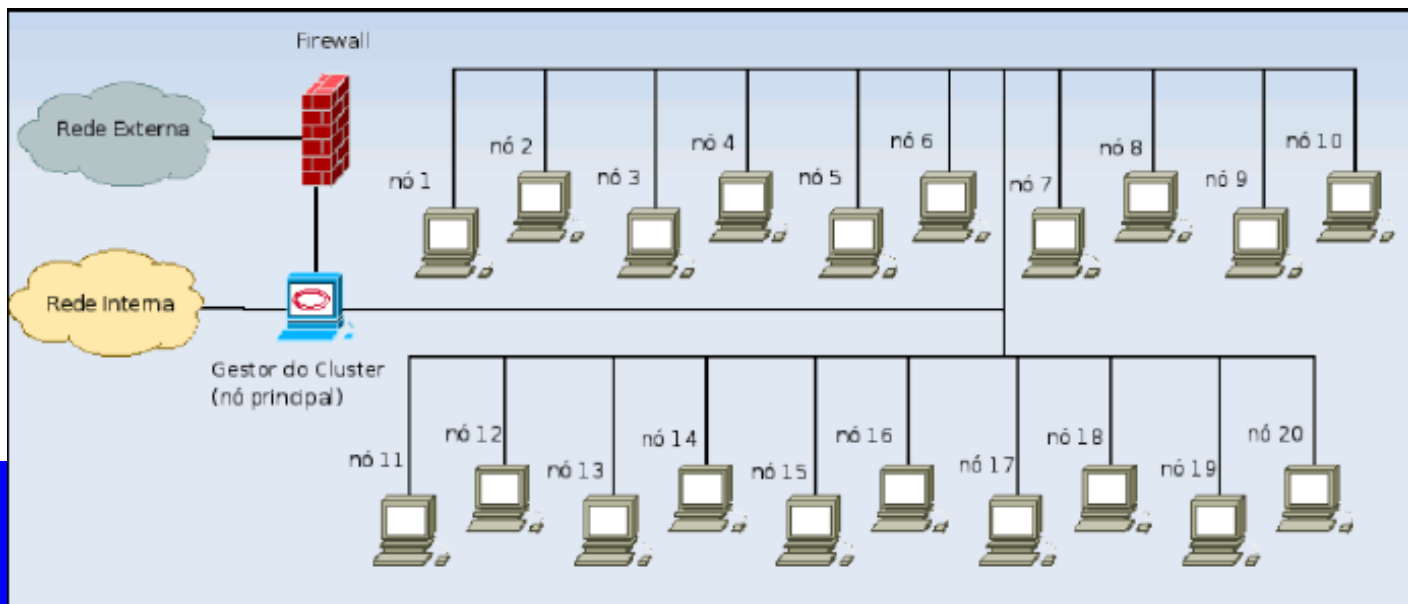
✓ São muito caros.



Clusters

- ✓ Conjunto de PCs independentes (Nós), que cooperam umas com as outras para atingir um determinado objetivo.
- Os nós se comunicam via uma rede comercial para coordenar e organizar as tarefas a serem executadas.

Cluster com 20 nós.



Clusters

- ✓ Diferenças entre MPPs e Clusters.
 - MPPs são mais rápidos e caros, e as formas de gerenciamento são diferentes.
 - A alta interconexão de rede tornava os MPPs especiais, mas atualmente, existem interconexões de rede de alta velocidade comerciais de prateleira.
 - A tecnologia de clusters pode beneficiar países como o Brasil.

Clusters

- ✓ Existem dois principais tipos de clusters.
 - **Centralizados.**
 - Conjunto de PCs montado em uma grande estante em uma única sala.
 - **Descentralizados.**
 - Conjunto de PCs espalhados por uma unidade, por exemplo, um edifício ou um laboratório.
 - **Idéia** → Aproveitar o tempo ocioso dessas máquinas.
 - São conectados por uma LAN.

Clusters



Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF
Colegiado de Engenharia da Computação – CECOMP

Clusters

- ✓ **Aplicação** → Google.
 - Sistema de busca para achar informações na internet.
 - **Tarefas** → Achar, indexar e armazenar toda a WWW (mais de 8 bilhões de páginas e 1 bilhão de imagens), ser capaz de pesquisar tudo isso em menos de 0,5 s e manipular milhões de consultas/segundo do mundo inteiro, 24 horas por dia.
 - Não pode parar nunca, nem mesmo devido a terremotos, queda de energia elétrica, queda da rede de telecomunicações, falhas de hw e bugs de sw.

Clusters

✓ Google.

- Como isso é feito?

- O Google opera várias centrais de dados no mundo inteiro → **backups**.
- Quando o www.google.com é inspecionado, o IP do remetente é verificado e é fornecido o endereço da central de dados mais próxima.
- Cada central de dados tem no mínimo uma conexão de fibra ótica (2,488 Gpbs) com a internet, e um conexão de back-up (622 Mbps) com um outro provedor de telecomunicações diferente, caso o primário falhe.
- Há fontes de energia protegidas contra interrupção e geradores a diesel de emergência em todas as centrais.

Clusters

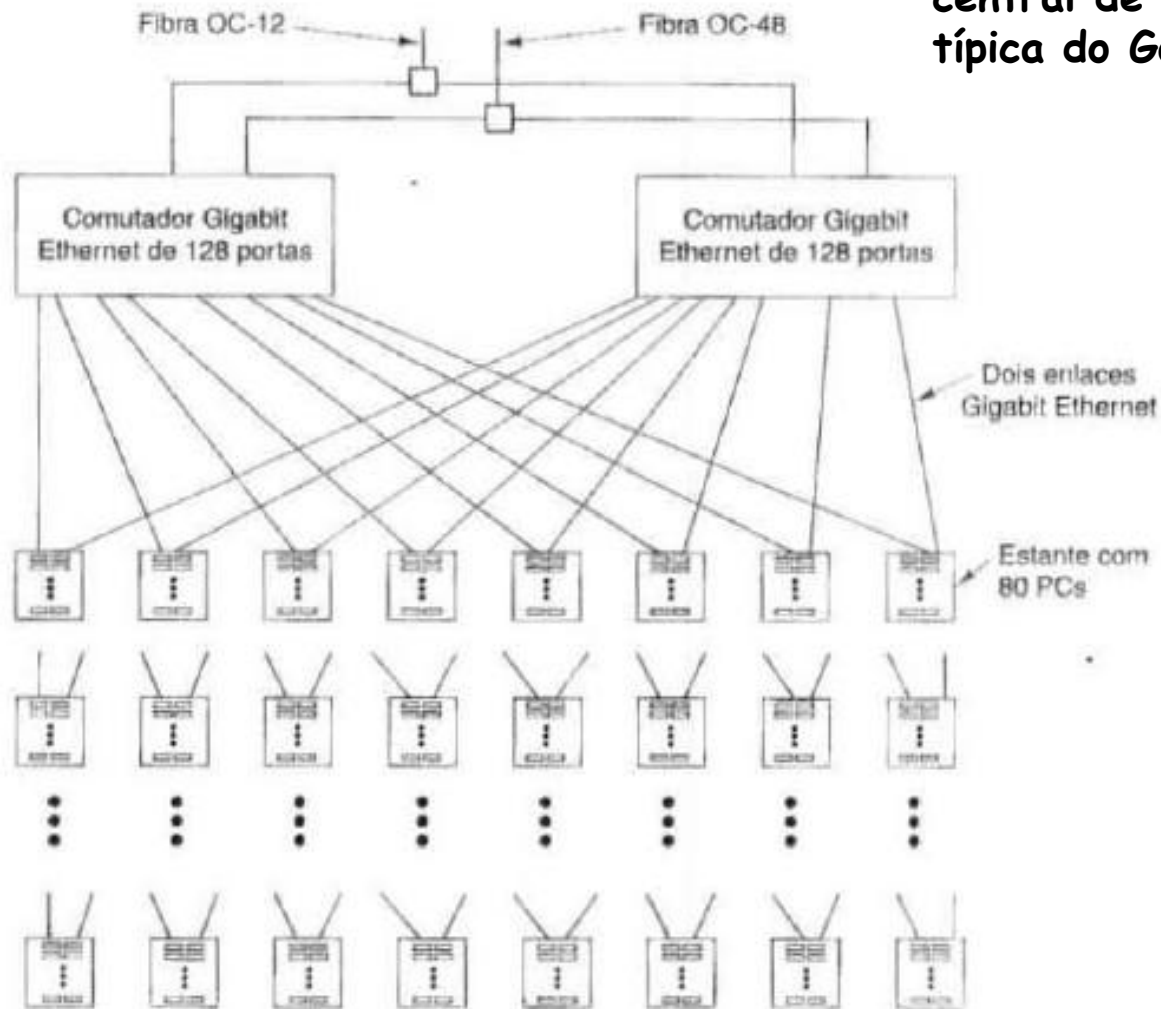
✓ Google.

- Banco de dados gigante.
- Montou o maior cluster de prateleira do mundo → Comprou PCs baratos com desempenho mediano.
- PCs utilizados → Pentium de 2 GHz, 512 MB de RAM, um disco de cerca de 80 GB e um chip ethernet.

Clusters

✓ Google.

Layout de uma
central de dados
típica do Google.



Software de Comunicação para Multicomputadores

- ✓ Programar multicomputadores → Software especial para manipular a comunicação e a sincronização entre processos.
- ✓ Os sistemas de troca de mensagens fornecem duas primitivas *SEND* e *RECEIVE*.