

## ***Clusters de Computadores***

Atualmente pode-se observar um grande numero de aplicações que exigem cada vez mais uma grande quantidade de processamento de dados, aplicações de mapeamento genético, computação gráfica, previsões metrológicas e até mesmo programas que exigem um grande numero de variáveis de entrada.

## ***Clusters de Computadores***

Para solucionar essa demanda por poder computacional foram criados os supercomputadores. Os supercomputadores que são sistemas fortemente acoplados possuem um custo elevado e, portanto não é usual a sua implementação em termos de custo. Uma alternativa viável para essa demanda é a utilização de cluster, também conhecido como sistema fracamente acoplado.

## ***Clusters de Computadores***

Os clusters de computadores processam as tarefas paralelas de forma transparente, ou seja, aparentando ser um único sistema para o usuário.

Para a implementação de um cluster, deve-se levar em consideração a aplicação que será executada, haja vista que, em problemas de granulosidade fina, o cluster não é tão eficiente quanto a um supercomputador, entretanto, para os problemas de granulosidade grossa, o cluster se mostra tão eficiente quanto um supercomputador.

## ***Clusters de Computadores***

Conforme explica Kalinka Regina, ao se tratar de problemas de granulosidade fina a aplicação de cluster não se mostra tão eficiente, devido à necessidade de troca de informações dos nós com o nó mestre. Essa atividade causa alto tráfego na rede, e isso interfere diretamente no tempo de execução das tarefas, logo o cluster perde sua finalidade que é ganhar tempo com o paralelismo das tarefas.

## ***Clusters de Computadores***

Para o problema de granulosidade grossa, que exige um número considerável de processamento, a solução via cluster torna-se uma alternativa viável, uma vez que, cada nó recebe uma grande quantidade de carga que passa a ser processada de maneira independente, limitando a troca de informação entre os nós dos clusters.

## ***Clusters de Computadores***

### **Sistemas Operacionais**

A principal função de um sistema operacional é controlar o funcionamento de um computador, gerenciar a utilização e o compartilhamento dos seus diversos recursos como processadores, memórias e dispositivos de entrada e saída

## ***Clusters de Computadores***

### **Sistemas Operacionais**

Em clusters o sistema operacional é o principal sistema, e através dele o sistema deve garantir o funcionamento primordial das seguintes tarefas:

- Controle de Recursos;
- Monitoração;
- Contabilidade;
- Consulta;
- Planificação;

## ***Clusters de Computadores***

### **Hardware**

Atualmente existem muitas implementações de clusters no mercado, isso ocorre devido à grande variedade de opções de arquitetura que um cluster de alto desempenho pode proporcionar.

Na parte de hardware clusters pode ser dividido em duas partes principais, execução e transmissão de dados.



## ***Clusters de Computadores***

### **Hardware / execução**

Execução ou processamento de dados é realizado por computadores usuais, usadas para operações domésticas.

Como podemos destacar o cluster é um aglomerado de computadores que funciona de forma distribuída. Os recursos que influenciam no desempenho desses computadores são:

## ***Clusters de Computadores***

### **Hardware / execução:**

- Processador;
- Memória Ram;
- Placa Mãe;
- Disco Rígido;
- Memória Virtual;

## ***Clusters de Computadores***

### **Hardware / transmissão de dados:**

Em clusters, a transmissão de dados é o principal gargalo, nas operações. Isso ocorre devido à latência que há nas informações que são trocadas entre os nós.

Hoje o principal meio de comunicação de dados é a rede, sendo composta por meios físicos e mecanismos de controle para o transporte, além de uma política de sincronização de dados.

## ***Clusters de Computadores***

### **Hardware / transmissão de dados:**

Na sequência são apresentadas algumas das principais tecnologias de redes existentes usadas em clusters:

- Ethernet;
- Myrinet (rede de alta velocidade);
- **cLan** (rede apropriada para os clusters, seu funcionamento assim como o Myrinet também se deve através de interruptores, alcança a faixa de 2,5 Gbps)

## ***Clusters de Computadores***

### **Bibliotecas de Comunicação**

As bibliotecas de comunicação paralela são responsáveis pela comunicação entre os nós do cluster. Cada tipo de biblioteca de comunicação tem suas particularidades, ou seja, elas implementam de maneiras diferentes as soluções para os problemas de comunicação paralela.

Atualmente existem duas bibliotecas que se destacam, PVM (Parallel Virtual Machine) e o MPI (Message Passing Interface).

## ***Clusters de Computadores***

### **Bibliotecas de Comunicação / PVM**

O PVM é uma biblioteca de comunicação que emula computação concorrente heterogênea de propósitos gerais em computadores interconectados, no qual pode se trabalhar com diversas arquiteturas. A ideia do PVM é montar uma máquina virtual de  $n$  processadores e usá-los para enviar tarefas e receber os resultados, de maneira cooperativa. Tudo isso é realizado de modo simplificado, utilizando apenas rotinas básicas, enviando e recebendo mensagens.

## ***Clusters de Computadores***

### **Bibliotecas de Comunicação / MPI**

O surgimento do MPI teve como objetivo padronizar a troca de mensagem em ambientes paralelos de memória distribuída. Além da padronização, o MPI também procura otimizar a comunicação e aumentar o desempenho de aplicações paralelas ou distribuídas.

O MPI surgiu da necessidade de se resolver alguns problemas relacionados à portabilidade existentes entre as diferentes plataformas e características peculiares de algumas arquiteturas paralelas.

## ***Clusters de Computadores***

### **Bibliotecas de Comunicação / MPI**

A eficiência e a generalidade do MPI são garantidas por meio da disponibilidade de diversas implementações para uma mesma funcionalidade. Por exemplo, para o envio de mensagens há funções que implementam comunicação ponto a ponto e coletiva.

Uma das grandes vantagens, do ponto de vista da engenharia de programas, é que MPI suporta programação modular. Por meio desse conceito, o comunicador é capaz de identificar um grupo de processos, no qual uma determinada operação deve ser efetuada.



## ***Clusters de Computadores***

### **Arquitetura Cluster**

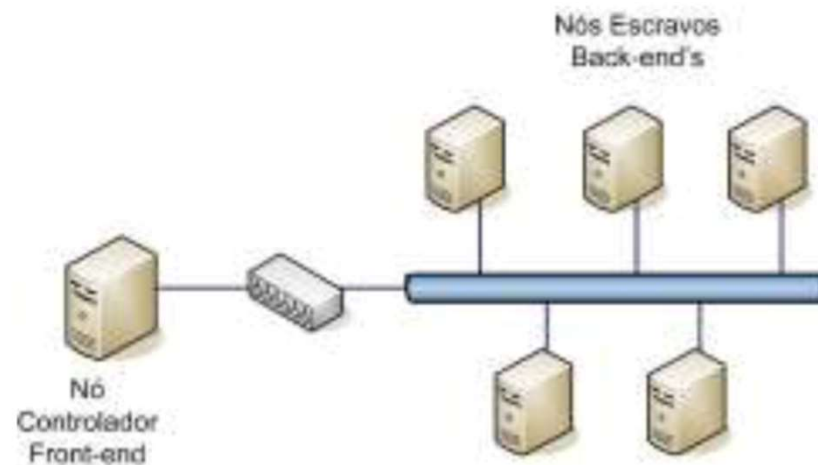
Cluster é um sistema distribuído de computadores independentes e interligados, cujo o objetivo é suprir a necessidade de um grande poder computacional com um conjunto de computadores de forma transparente ao usuário.

Conforme apresentado anteriormente, o cluster possui três condições primordiais pra o seu devido funcionamento, Sistema Operacional, Hardware e biblioteca de comunicação.

## ***Clusters de Computadores***

### **Arquitetura Cluster**

Na figura a seguir é descrito um ambiente cluster com um nó controlador e cinco nós escravos, todos eles conectados a um hub.



## ***Clusters de Computadores***

### **Arquitetura Cluster**

Sistemas de computação em cluster tornaram-se populares quando a razão preço/desempenho de computadores pessoais e estações de trabalho melhorou. Outra razão para o surgimento e rápida aceitação de sistemas em cluster foi à maior necessidade de tolerância a falhas e a alta disponibilidade .

Os clusters fornecem desempenho e tolerância a falhas, não encontrados em qualquer sistema com multiprocessamento simétrico.

## ***Clusters de Computadores***

### **Desempenho**

Aumentar o desempenho é um dos principais objetivos de clusters de computadores, entende-se desempenho como carga ou tempo de execução de tarefas.

Os clusters exploram explicitamente o paralelismo como principal ferramenta, e para comprovar ganhos existem métricas que são utilizadas a fim de estruturar uma melhor solução para os problemas paralelizados.

## ***Clusters de Computadores***

### **Vantagens:**

A utilização de clusters de computadores tem inúmeras vantagens, abaixo segue as principais levantadas:

- **Expansibilidade:** A utilização de clusters de computadores deixa o sistema computacional facilmente expansível, uma vez que, para aumentar o poder de processamento, basta apenas incluir um novo nó ao cluster.
- **Baixo custo:** Como os clusters de computadores podem ser configurados e utilizados por computadores convencionais, o custo não fica limitado a apenas um único fornecedor, dessa forma clusters de computadores são bem mais econômicos que sistemas específicos.
- **Alta disponibilidade:** Um nó que está desativado não prejudica o sistema como um todo, levando em consideração que também, para a manutenção não é necessário tirar o cluster inteiro de funcionamento, apenas o nó com problemas.



## ***Clusters de Computadores***

### **Vantagens:**

- **Tolerância a falhas:** Como os clusters de computadores funcionam de maneira paralela e distribuída, caso uma nó venha a falhar, é possível que os dados das operações não se percam totalmente, pois há a possibilidade de redirecionamento da carga de processamento para outro nó que esteja ativo.
- **Balanceamento de carga:** Cluster de computadores também podem ser formados de forma heterogêneas ( com maquinas de configurações diferentes), sendo assim é possível realizar o balanceamento de carga para as maquinas com maior e menor processamento para executar tarefas distintas.

## ***Clusters de Computadores***

### **Desvantagens:**

Como toda tecnologia, clusters de computadores também possuem desvantagens e cabe ao pesquisador ou projetista fazer o levantamento de prós e contras na hora de implementar um sistema desse tipo, abaixo segue as principais desvantagens levantadas:

- **Manutenção de equipamento:** Por o cluster ser facilmente expansível, o sistema computacional pode se tornar muito grande, e a manutenção do sistema pode se tornar uma tarefa imensamente grande pois cada máquina em um clusters devem ter todos os seus componentes em perfeito estado de funcionamento.

## ***Clusters de Computadores***

### **Desvantagens:**

- **Monitoração dos nós:** Monitorar as informações trocadas em cada nó pode ser um problema dependendo como foi configurado o cluster, levando em consideração a expansibilidade do cluster.
- **Gargalos de troca de informações:** Como a comunicação de clusters de computadores ocorrerem por uma tecnologia de rede, a troca de informação se transforma no principal gargalo, uma vez que a transmissão de rede é bem lenta se comparada à troca de informação com um barramento de um sistema de memória compartilhada, entretanto, é possível realizar ajustes de granulosidade para diminuir esse problema.



## ***Clusters de Computadores***

### **Tipos de Clusters:**

O cluster estudado nessa aula é o de alto poder de processamento, que tem como foco aumentar o desempenho das aplicações, particularmente às de grandes tarefas computacionais. Uma grande tarefa computacional pode ser dividida em pequenas tarefas que são distribuídas entre as estações, como se fosse um supercomputador paralelo.

O cluster de processamento paralelo é muito usado para computação científica ou análises financeiras, tarefas típicas para exigência de alto poder de processamento.

## ***Clusters de Computadores***

### **Tipos de Clusters: Beowulf**

O cluster Beowulf nasceu em 1994, idealizado pelos pesquisadores da NASA Thomas Sterling e Donald J. Becker, e é voltado à computação paralela, com a finalidade de processar as informações espaciais que a entidade recolhia. O que motivou a criação do cluster Beowulf foi a necessidade de processamento dessas informações espaciais na ordem de gigaflops , e um supercomputador com esse desempenho custava em torno de um milhão de dólares.

## ***Clusters de Computadores***

### **Tipos de Clusters: Beowulf**

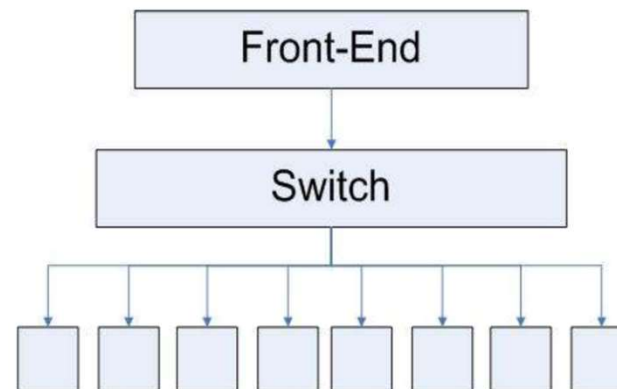
O cluster Beowulf, diferente de outros tipos empresariais e mais específicos, não exige uma arquitetura específica tão pouco máquinas homogêneas. Além disso, deve satisfazer as seguintes premissas para ser considerado um cluster dessa classe:

- Conexão entre os nós, que pode ser feita por meio de ethernet.
- Deve haver um ou mais nós mestres (front-end.) para realizar o controle dos nós escravos (back-end).
- O sistema operacional deve ser baseado em código aberto, sendo que o mesmo deve conter todas as ferramentas necessárias para a configuração do cluster.

## ***Clusters de Computadores***

### **Tipos de Clusters: Beowulf**

É necessário que haja um nó mestre (servidor) que realiza toda a distribuição das tarefas e o monitoramento do desempenho do cluster. Este front-end. é responsável pelo monitoramento das falhas que possivelmente podem ocorrer e o direcionamento da carga de processamento, caso haja alguma indisponibilidade.



## ***Clusters de Computadores***

### **Tipos de Clusters: OpenMosaic**

Os clusters OpenMosix trabalham com distribuição de processos, que ao detectar o alto volume de processamento, migram as instâncias entre as máquinas do cluster, sendo processadas simultaneamente, sem a necessidade de adequação do código. A principal diferença é essa, ao invés de quebrar os processos como em clusters Beowulf, o Mosix realiza esta migração.

## ***Clusters de Computadores***

### **Tipos de Clusters: OpenMosaic**

A migração de processos permite que um usuário inicie uma aplicação em qualquer nó (denominado nó nativo), e se mover transparentemente para outros nós a fim de, por exemplo, fazer uso eficiente de recursos.

Caso possua três micros homogêneos, ao abrir uma instância de programa, após o OpenMosaic atuar, cada um ficaria com uma instância e a tarefa total seria concluída em pouco mais de um terço do tempo original.

## ***Clusters de Computadores***

### **Tipos de Clusters: OpenMosaic**

Mas o que torna ele pouco flexível é quando o desejo é executar uma única tarefa ou instancia do programa, pois para agilizar esta tarefa ele move a mesma para um nó mais rápido e não a divide. Após detectar a ociosidade de um dos nós do cluster, por meio de troca de informações de carga a instância do processo todo é migrada para a máquina do cluster.

Apesar de o sistema possuir uma das maiores bases de usuários dentre todos os gerenciadores, os responsáveis pelo projeto anunciaram que descontinuarão suas atividades e o projeto em março de 2008.

## ***Clusters de Computadores***

### **Clusters / Conclusões**

Os clusters de computadores possuem inúmeras vantagens, porém como todo sistema computacional, também possui desvantagens, cabe ao projetista analisar as opções e escolher a melhor tecnologia para resolver sua tarefa da melhor forma possível.

Com o baixo custo de implementação clusters de computadores atualmente são usados com bastante frequência nos mundos acadêmico e empresarial devido a sua grande aplicabilidade em diversas áreas científicas e tecnológicas.



## ***Clusters de Computadores***

### **Clusters / Conclusões**

Também é importante destacar que os cluster de computadores não são bons para resolver problemas que exijam constante troca de informações, pois o tempo, limita-se pela tecnologia de rede, entretanto, o programador pode aumentar a carga e assim diminuir a troca de informação entre os nós, diminuindo assim necessidade de troca de informações reduzindo o tempo de espera.

A disponibilidade dos serviços e tolerância a falhas e escalabilidade também são vantagens presentes em cluster de computadores, uma vez que, sistemas em cluster são formados por micros subsistemas independentes.

## ***Clusters de Computadores***

### **Gerenciamento de um Cluster**

O gerenciamento de clusters normalmente envolve diversas tarefas e fatores, desde a escolha de qual sistema operacional aplicar aos nós, até a definição de quais serão as ferramentas utilizadas na configuração, manutenção, escalonamento de tarefas e monitoramento de todo o sistema.

Quando tratamos da tecnologia de clusters de computadores, é inevitável a associação com grandes centros de pesquisa realizando que precisam de uma quantidade de computação (processamento); em poucas palavras, sabemos que um cluster nada mais é que um conjunto de máquinas reunindo “forças” e recursos para resolver um problema computacional em comum.

## ***Clusters de Computadores***

### **Gerenciamento de um Cluster**

Atualmente são encontrados três tipos de clusters mais comuns:

- Alta Disponibilidade (High Availability - HA)
- Alto Desempenho de Computação (High Performance Computing - HPC)
- Balanceamento de Carga (Horizontal Scaling - HS)

## ***Clusters de Computadores***

### **Gerenciamento de um Cluster**

A gestão deste tipo de arquitetura é complexa e demanda ferramentas adequadas a este processo; entre outras atividades, o monitoramento tem destaque, visto que é o processo que deve manter a “saúde” de todo ambiente.

Consiste basicamente em apresentar a utilização dos recursos através da análise de dados coletados continuamente no sistema, promovendo assim, informações sobre falhas ocorridas, máquinas ociosas, quantidade de memória utilizada, etc, fornecendo assim ao administrador dados que ajudem na tomada de decisões sobre o desempenho do sistema e antecipem possíveis falhas; este serviço é de suma importância para a operação estável de clusters com um grande número de nós a fim de evitar problemas e beneficiar o sistema.

## ***Clusters de Computadores***

### **Gerenciamento de um Cluster**

O tema monitoração de clusters possui algumas características principais que são desejadas:

- **Baixa Intrusividade:** a intrusividade deve ser mínima, ou seja, o sistema de monitoração não deve utilizar os recursos disponíveis de forma excessiva.
- **Trafego de Rede Reduzido:** com a grande utilização da rede por sistemas paralelos e distribuídos, é desejável que a utilização deste recurso pelo sistema seja reduzida e que a disputa por este recurso seja minimizada.
- **Suporte a Web:** os sistemas que possuem suporte a web devem possibilitar o acompanhamento sobre o estado de clusters de forma virtual.

## ***Clusters de Computadores***

### **Gerenciamento de um Cluster**

Alguns exemplos destas ferramentas são citados a seguir.

- **SCMS:** o objetivo desta ferramenta é monitorar clusters de pequeno e médio porte de forma robusta, eficiente e simples, sendo dividida em um módulo de monitoração e um módulo de centralização que atende as requisições dos usuários e armazena as informações coletadas no monitoramento. A coleta de dados pode ocorrer por demanda ou em ciclos, obtendo informações sobre recursos utilizados das máquinas ou configurações dos nós.
- **Parmon:** é uma ferramenta comercial, dividida em dois módulos: cliente, responsável pela centralização de todos os dados monitorados e sua visualização e o servidor, responsável por monitorar os nós; o Parmon possibilita ainda o monitoramento de recursos das máquinas e a execução de alguns comandos paralelos sobre o agregado.

## ***Clusters de Computadores***

### **Gerenciamento de um Cluster**

Alguns exemplos destas ferramentas são citados a seguir.

- **Ganglia:** esta ferramenta para monitoração foi desenvolvida de forma escalável e distribuída, em que um módulo centralizador que coleta e atualiza as informações e cada um dos nós do agregado mantém uma cópia do estado corrente do sistema; é possível monitorar qualquer tipo de informação e visualizá-la em uma interface Web.
- **RVision:** foi desenvolvida com o objetivo de ser adaptável a vários tipos de clusters; é uma ferramenta de monitoração que possui uma interface de comunicação dos clientes com o núcleo da ferramenta a fim de promover uma arquitetura aberta e configurável; o RVision é composto em uma visão geral através de módulo monitor e um módulo centralizador, onde o monitor pode ser substituído por um agente SNMP, possibilitando assim a adição de novas métricas.

## ***Clusters de Computadores***

### **Trabalhos utilizados para elaboração do material**

Artigo: Cluster: Computação de Alto Desempenho

Hilário Viana Bacellar Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas;