

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO
DO RIO GRANDE DO NORTE
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

ESTUDO DAS APLICAÇÕES DE GRIDS COMPUTACIONAIS

ESTUDO DAS APLICAÇÕES DE GRIDS COMPUTACIONAIS

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Bacharelado em Sistemas de Informação da Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador:

Polyana Dacila da Paz Cruz

Felipe Araújo Aleixo, Msc.

**NATAL/RN
2004**

LIGA POLYANA DACILA DA PAZ CRUZ
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO
DO RIO GRANDE DO NORTE
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

ESTUDO DAS APLICAÇÕES DE GRIDS COMPUTACIONAIS

ESTUDO DAS APLICAÇÕES DE GRIDS COMPUTACIONAIS

Polyana Dacila da Paz Cruz

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Bacharelado em Sistemas de Informação da Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador:

Fellipe Araújo Aleixo, Msc.

Antônio de Pádua de Miranda Henriques, Msc.

NATAL/RN

2004

Catálogo na Publicação – Biblioteca da FARN
Setor de Processos Técnicos

CRUZ, Polyana Dacila da Paz.

Estudo das Aplicações de Grids Computacionais/ Polyana Dacila da Paz Cruz. __Natal:
FARN, 2004.
51p.

Orientador: Fellipe Araújo Aleixo (M. Sc.).

Monografia (Graduação em Sistemas de Informação) – Faculdade Natalense Para o
Desenvolvimento do Rio Grande do Norte.

1. Sistemas Distribuídos – monografia. 2. Grid Computacional – monografia. I. Título.

RN / FARN/BC

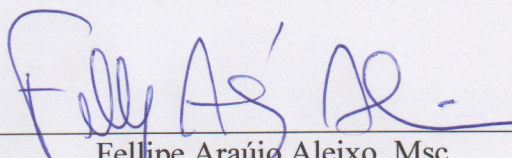
CDV 004.75

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO
DO RIO GRANDE DO NORTE
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

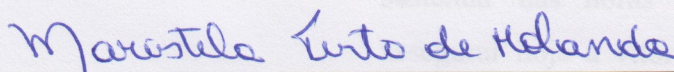
ESTUDO DAS APLICAÇÕES DE GRIDS COMPUTACIONAIS

Polyana Dacila da Paz Cruz

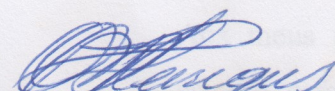
Monografia apresentada e aprovada em 15 de DEZEMBRO de 2004,
pela banca examinadora composta pelos seguintes membros



Felipe Araújo Aleixo, Msc
Orientador

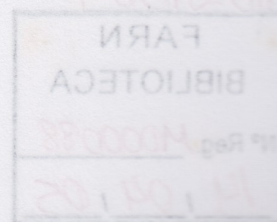


Maristela Tertto de Holanda, Msc



Antônio de Pádua de Miranda Henriques, Msc

Natal, 15 de DEZEMBRO de 2004.

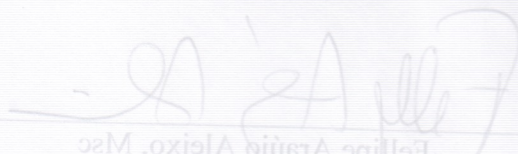


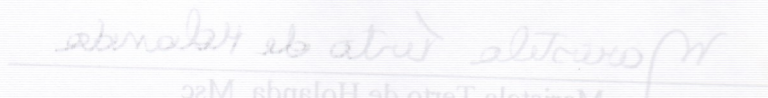
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO
LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE

ESTUDO DAS APLICAÇÕES DE GRIDS COMPUTACIONAIS

Polyana Dacila da Paz Cruz

Monografia apresentada e aprovada em 12 de dezembro de 2004
pela banca examinadora composta pelos seguintes membros


Felipe Araújo Aleixo, Msc
Orientador


Maristela Terto de Holanda, Msc


Antônio de Pádua de Miranda Henriques, Msc

M
004.75
C96e
2004

Natal, 12 de dezembro de 2004

RB-21.369

FARN
BIBLIOTECA
Nº Reg. M000088
14/04/05

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi construído com o apoio de várias pessoas e instituições. Por isso, quero agradecer a todos com as mais sinceras e sucintas palavras, esperando ter alcançado os resultados pretendidos neste empenho conjunto e satisfeito as expectativas de todos que contribuíram para sua construção.

Assim, agradeço a todos os meus professores, pelos ensinamentos ministrados e pelo estímulo aos desafios profissionais e acadêmicos que deles recebi.

Aos meus professores revisores e orientadores, em especial o Prof. Felipe Araújo Meixô, que incondicionalmente me distinguiu com sua atenção e soube perceber os erros e acertos deste trabalho, conduzindo-me a sempre fazê-lo melhor.

À Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte, particularmente nas pessoas de seus Diretores, Professores e Funcionários, pela presteza e apoio que me ofereceram para a realização e conclusão desta oportunidade produtiva e valerosa que é a construção e aprimoramento do meu conhecimento.

A todas as instituições e empresas, em especial a alguns de seus respeitáveis e solidários funcionários que impreterivelmente se dispuseram a me ajudar na obtenção das informações e dados necessários para o desenvolvimento deste projeto.

Aos meus pais, parentes e amigos que sempre estiveram ao meu lado me incentivando e apoiando em todos os instantes de cansaço, decepção, nervosismo e ansia ao longo destes quatro anos de curso.

E a todos, que direta ou indiretamente, contribuíram na elaboração deste trabalho. O meu mais profundo obrigado.

Dedico este trabalho a Deus por me sustentar nas horas de fraqueza e me assegurar hoje à vitória, desse importante passo de minha vida.

Aos meus pais, como resultado de meu esmero esforço e também do apoio que deles recebi para realizar este projeto, como tantos outros.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi construído com o apoio de várias pessoas e instituições. Por isso, venho agradecer a todos com as mais sinceras e sucintas palavras, esperando ter atendido os fins pretendidos neste empenho conjunto e satisfeito as expectativas de todos que contribuíram para sua construção.

Assim, agradeço a todos os meus professores, pelos ensinamentos ministrados e pelo estímulo aos desafios profissionais e acadêmicos que deles recebi.

Aos meus professores revisores e orientadores, em especial o Prof. Fellipe Araújo Aleixo, que incondicionalmente me distinguiu com sua atenção e soube perceber os erros e acertos deste trabalho, conduzindo-me a sempre fazê-lo melhor.

À Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte, particularmente nas pessoas de seus Diretores, Professores e Funcionários, pela presteza e suporte que me ofereceram para a realização e conclusão desta oportunidade produtiva e valorosa que é a construção e aprimoramento do meu conhecimento.

A todas as instituições e empresas, em especial a alguns de seus respeitáveis e solidários funcionários que impreterivelmente se dispuseram a me ajudar na obtenção das informações e dados necessários para o desenvolvimento deste projeto.

Aos meus pais, parentes e amigos que sempre estiveram ao meu lado me incentivando e apoiando em todos os instantes de cansaço, decepção, nervosismo e ânsia ao longo destes quatro anos de curso.

E a todos, que direta ou indiretamente, contribuíram na elaboração deste trabalho. O meu mais profundo obrigada.

LISTA SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivos	12
1.1.1. Gerais	12
1.1.2. Específicos	12
1.2. Justificativa	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. Sistemas Distribuídos	15
2.1.1. Sistemas Multicomputadores Ligados por Comutação	19
2.1.2. Comunicação em Sistemas Distribuídos	20
2.1.2.1. Protocolos em Camadas	21
2.1.2.2. Endereçamento	22
2.1.2.3. Chamada Remota de Procedimento	23
2.2. Computação Paralela	24
2.2.1. Modelos de Computação Paralela	25
2.2.1.1. Modelo BSP	26
2.2.1.2. Modelo CGM	26
2.2.2. Tipos de Paralelismo	27
2.3. GRID Computacional	27
2.3.1. Introdução aos Conceitos	27
2.3.2. Aspectos da Comunicação em Grid	29
2.3.2.1. Escalonamento de Aplicação	30
2.3.2.2. Acesso e Autenticação	31
2.4. Economia Promovida pela Tecnologia de Grid	31
2.5. Exemplos de Sistemas de Computação em Grid	32
2.5.1. Globus	32
2.5.2. Legion	33
2.5.3. Condor	34
2.6. Impactos da Tecnologia de Grid	35
3. Projetos no Brasil sobre Grids Computacionais	39
3.1. Acess Grid	39
3.2. Gerenciamento Integrado de Grids Computacionais	39
3.3. InteGrade	39
3.4. OurGrid	40
4. Aplicações de Grids Computacionais no Rio Grande do Norte	41
4.1. Em Instituições de Ensino Superior	41
4.2. Em Empresas de Computação e Suprimentos	43
4.3. Comparativo Grid X Cluster	42
5. CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	49
ANEXO	51

LISTA DE ABREVIATURAS

BSP	– <i>Bulk Synchronous Parallel Mode</i>	– Modelo Paralelo Síncrono Volumoso.	13
CCT	– <i>Centro de Ciências e Tecnologia</i>		
CGM	– <i>Coarse Grained Multicomputer</i>	– Multicomputador com Granularidade Grossa.	19
CIOs	– <i>Chief Information Officers</i>	– Chefe de Informação	
COWs	– <i>Cluster of Workstations</i>	– Estação de Funcionamento Aglomerado	20
HPC	– <i>High Program Computational</i>	– Computação de Alto Desempenho	
HTC	– <i>High Troughput Computing</i>	– Computação de Alta Definição	20
IETF	– <i>Instituto de Estatística Tecnologia e Física</i>		
IME	– <i>Instituto de Matemática e Estatística</i>		22
MIMD	– <i>Multiple Instruction Multiple Data</i>	– Instruções Múltiplas para Dados Múltiplos	
MISD	– <i>Multiple Instruction Single Data</i>	– Instruções Múltiplas para um Único Dado	24
MPI	– <i>Message Passing Interface</i>	– Frente para Mensagem Momentânea	
MPMD	– <i>Multiple Program Multiple Data</i>	– Programação Múltipla para Dados Múltiplos	25
MPPs	– <i>Massive Parallel Processor</i>	– Processamento Paralelo em Massa	
OSI	– <i>Open Systems Interconnection</i>	– Sistema Aberto de Interconecção	
PAD	– <i>Processamento de Alto Desempenho</i>		
PCs	– <i>Personal Computer</i>	– Computadores Pessoais	
PDPS	– <i>Policy Decision Points</i>	– Apontamento de Políticas de Decisão	
PEPS	– <i>Policy Enforcement Point</i>	– Apontamento de Políticas de Força	
PVM	– <i>Parallel Virtual Machine</i>	– Máquina Virtual Paralela	
RPC	– <i>Remote Procedure Call</i>	– Chamada Remota de Procedimentos	
SIMD	– <i>Simple Instruction Multiple Data</i>	– Dados Múltiplos para Instrução Única	
SISD	– <i>Single Instruction Single Data</i>	– Dado Único para Instrução Única	
SMP	– <i>Symetric Multi Processor</i>	– Processo de Múltipla Simetria	
SPMD	– <i>Single Program Multiple Data</i>	– Dado Múltiplo para Programação Única	
SWAR	– <i>Simd Withn a Register</i>	– Registro com Redução de Lado	
TCP/IP	– <i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</i>	– Protocolo de Controle de Transmissão / Protocolo de Internet	
TI	– <i>Tecnologia da Informação</i>		
UFCG	– <i>Universidade Federal de Capina Grande</i>		
UFRGS	– <i>Universidade Federal do Rio Grande do Sul</i>		
USP	– <i>Universidade de São Paulo</i>		
UNP	– <i>Universidade Potiguar</i>		
UFRN	– <i>Universidade Federal do Rio Grande do Norte</i>		
FARN	– <i>Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do Rio Grande do Norte</i>		

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Topologia em um Sistema Distribuído	15
FIGURA 2 – Comutação	19
FIGURA 3 – Topologia em Grade	20
FIGURA 4 – Topologia em Hipercubo	20
FIGURA 5 – Níveis, Interfaces e Protocolos OSI	22
FIGURA 6 – Mecanismos de Chamada Remota a Procedimentos	24
FIGURA 7 – Modelo de Von Neumann (PRAM)	25

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Hardware para um Grid Simples 43

TABELA 2 – Hardware para um Cluster Simples 43

Palavras-Chaves: Computação Distribuída; Computação em Grade; Computação Paralela; Poder Computacional; Tecnologia.

RESUMO

Com o avanço da tecnologia de hardware, os estudos em computação paralela ganharam mais importância. Com o surgimento e o desenvolvimento de redes de alta velocidade, o uso da computação distribuída passa ter uma maior relevância. Aplicações distribuídas que processam uma grande quantidade de dados têm se tornado cada vez mais comuns. No entanto, mesmo com os avanços em hardware, os benefícios proporcionados pela Internet, certos problemas ainda persistem. Alguns tipos específicos de usuários como empresas de pequeno e médio porte, que necessitam de grande poder computacional a um baixo custo não possuem recursos para tal aquisição. Este trabalho tem por objetivo refletir a respeito da possibilidade do uso de Grids Computacionais como alternativa para resolver problemas derivados dessa natureza. Fundamentando-se em pesquisa bibliográfica, bem como em dados obtidos em entrevistas realizadas num cenário específico (instituições de ensino superior e empresas da área de informática e suprimentos), artigos, reportagens e pesquisas, na qual buscou-se resgatar as opiniões sobre a tecnologia de Grids Computacionais, possibilitando conclusões sobre o tema. Dentre elas, destacando que o Grid Computacional é de longe a melhor e mais barata alternativa dentre todas as outras encontradas no mercado, tendo como grande vantagem permitir um alto poder computacional com um baixo custo de desenvolvimento e empregabilidade.

Palavras-Chaves: Computação Distribuída; Computação em Grade, Computação Paralela, Poder Computacional; Tecnologia.

ABSTRACT

With the progress of the hardware technology the research in parallel computation win more importance, with the appearance and the development of nets right velocity, the use of the computation distributed raisin to have a larger relevance. Applications distributed that process a great amount of data they have if turned more and more common. However, even with the progresses in hardware, the proportionate benefits for Internet, certain problems still persist. Some specific types of users as companies of small and medium load that need great power computational a low cost don't possess resources for such acquisition. This work has for objective to contemplate regarding the possibility of Grids Computing use as alternative to solve derived problems of that order, providing remote access and distributed among the existent processors in a company. Being based in bibliographical research, as well as in data obtained in interviews accomplished in a specific segment (higher education institutions and companies of the computer science area and supplies), goods, reports and researches, in the which was looked for to rescue the opinions on Grids Computing technology, making possible conclusions on the theme. Among them, detaching that Grid Computational is from a distance the best and more alternative cheapest among all the other effective applications in the market, tends as great advantage to allow a high one power computational with a bass development cost and employment.

Keywords: Computation Distributed; Computation in Grid; Computation Parallel; Power Computational; Technology.

1. Introdução

A computação paralela e a computação distribuída tem sido alvo de pesquisas desde os primórdios da ciência da computação. Versões paralelas de vários algoritmos são bastante eficientes para a resolução de diversos problemas científicos e de engenharia. Com o avanço da tecnologia de hardware, os estudos em computação paralela ganharam mais relevância, além disso, com o surgimento e o desenvolvimento de redes de alta velocidade, o uso da computação distribuída passa ter interesse especial. Aplicações distribuídas que processam grandes quantidades de dados têm se tornado cada vez mais comuns. A computação distribuída pode ser entendida como aplicações que executam sobre um conjunto de máquinas que estão interligadas em rede (TANENBAUM, 1999). Tais aplicações são também conhecidas como sistemas distribuídos. Em meados da década de 90 o termo 'Grid' (grade) começou a ser utilizado para designar genericamente infra-estruturas para sistemas distribuídos.

Grid é um modelo emergente de computação distribuída que permite o compartilhamento de recursos computacionais entre usuários conectados através de uma rede (FOSTER, 1999). O Objetivo principal é provê maneiras de interconectar computadores e recursos computacionais diversos para estender a fronteira do que é possível realizar utilizando-se sistemas de computação, ou seja, disponibilizar ao indivíduo que se conecta mais poder computacional (ciclos, armazenamento, processamento, banda da rede, software, periféricos, ou qualquer tipo de dispositivo especializado).

As características principais dos Grids Computacionais são heterogeneidade e o dinamismo dos recursos (CIRNE, 2004). Assim em um Grid, computadores e recursos diferentes entre si, podem estar submetidos a condições de carga variáveis ao longo do tempo que podem estar disponíveis ou não em um determinado instante.

Grids Computacionais congregam processadores dispersos geográfica e administrativamente que funcionam como uma plataforma para execução de aplicações paralelas (CIRNE, 2004). Mas uma plataforma diferente de tudo que já foi visto nessas últimas décadas, pelo o fato de dispor de uma programação de alto desempenho a um baixo custo.

A motivação inicial de Grids é cativante e simples de entender: por serem plataformas de execução de maior capacidade e melhor custo/benefício que as plataformas tradicionais, já que um dos principais atrativos dessa idéia é a possibilidade de alocar uma menor quantidade de recursos a uma aplicação paralela

e fazê-lo a um custo muito menor do que alternativas tradicionais baseadas em supercomputadores paralelos (CIRNE, 2004, p. 1).

Em suma, Grids surgiram com a promessa de revolucionar a computação de alto desempenho. Muita pesquisa e desenvolvimento foram e estão sendo feitos nestes quase dez anos de existência da área e hoje, os primeiros Grids começam a entrar em produção. Em paralelo ao amadurecimento de Grids como uma solução para computação de alto desempenho, percebeu-se nos últimos anos que a tecnologia de Grids Computacionais poderia ser usada para prover acesso sob demanda a quaisquer serviços computacionais. Tal constatação atraiu para Grids o interesse de todos os grandes nomes da informática (HP, Sun, Microsoft, IBM, Oracle, etc) e posicionou a tecnologia Grids como estratégica para a computação em geral (não apenas para alto desempenho).

Este trabalho apresenta um estudo sobre a tecnologia de Grids Computacionais e suas aplicações, sob um paradigma voltado à realidade do Nordeste do Brasil, mais precisamente analisando os efeitos dessa aplicação sobre uma abordagem em empresas de pequeno e médio porte da cidade do Natal-RN.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivos Gerais

A ideia de estudar a tecnologia de Grids Computacionais e suas aplicações, com enfoque na realidade do Nordeste do Brasil, mais especificamente em Natal-RN.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Compreender aspectos relacionados a essa tecnologia.
- Compreender Grids em sua estrutura e organização.
- Estar a par das pesquisas e projetos em andamento no Brasil.

- Aplicações da Computação em Grade à realidade local.

1.2. Justificativa

A computação atingiu um patamar surpreendente em termos da qualidade de recursos. Processadores que hoje equipam computadores pessoais possuem capacidade de processamento encontrada em supercomputadores há menos de uma década, as redes de computadores estão cada vez mais rápidas e disseminadas e o software evolui juntamente tornando-se cada vez mais modular, configurável e dinâmico. Mesmo com os avanços em hardware, certos problemas ainda persistem. Alguns tipos específicos de usuários como empresas de pequeno e médio porte necessitam de grande poder computacional a um baixo custo e não o possuem. Apesar da Internet ter trazido uma maneira inédita de conexão entre sistemas, certos recursos ainda não podem ser compartilhados e acabam sub-utilizados. Estes paradoxos motivaram a pesquisa de um novo modelo de computação distribuída, e como forma de resolver essas e outras questões despontou a idéia de Grades Computacionais (Computational Grids), denominadas apenas por Grids deste ponto em diante. No decorrer deste trabalho serão apresentadas maneiras de interconectar computadores e recursos computacionais diversos para estender a fronteira do que é possível realizar utilizando-se sistemas de computação distribuídos a um alto desempenho e baixo custo.

A idéia de Grid transcende o uso de redes que são feitas hoje em dia, mas ela sobrepõe pela empregabilidade que as redes existentes por meio de outros dispositivos não oferecem, por exemplo: em uma rede que se encontra sob um único domínio administrativo, é comum que exista o compartilhamento de recursos, discos e impressoras, mas quando a rede ultrapassa um domínio administrativo, tal compartilhamento se torna muito limitado, a utilização de grids permitiu o compartilhamento de recursos mesmo que estes estejam espalhados por diversos domínios administrativos.

Diversas aplicações administrativas nas empresas dependem de um grande poder computacional. Em muitos casos, estas aplicações podem paralelizar a sua computação de forma a se utilizar de praticamente todos os computadores disponíveis em determinada instituição ou mesmo de novos recursos e estações de trabalho que na maioria das vezes tem um custo muito elevado. Muitas vezes a falta de poder computacional impede trabalhos e

atrasa resultados. Por outro lado, freqüentemente é inviável a compra de computadores em nível suficiente para atender às necessidades de pico. Tal situação torna-se ainda pior quando a necessidade de computação é esporádica, o que desencoraja a instituição a gastar dinheiro com algo que será usado poucas vezes. Grids podem resolver este problema, provendo acesso remoto e distribuído entre os processadores existentes. Quando bem estabelecidos, grids permitem também a troca e o comércio de recursos. Duas organizações podem combinar a troca de poder de processamento por acesso a hardware especial, por exemplo.

Considerando o ambiente comercial e a ausência das aplicações de Tecnologia de Informação na atual visão econômica das empresas de Natal, o Grid Computacional é de longe a melhor e mais barata alternativa dentre todas as outras aplicações vigentes no mercado, por dentre várias vantagens permitir um alto poder computacional com um baixo custo de desenvolvimento e empregabilidade.

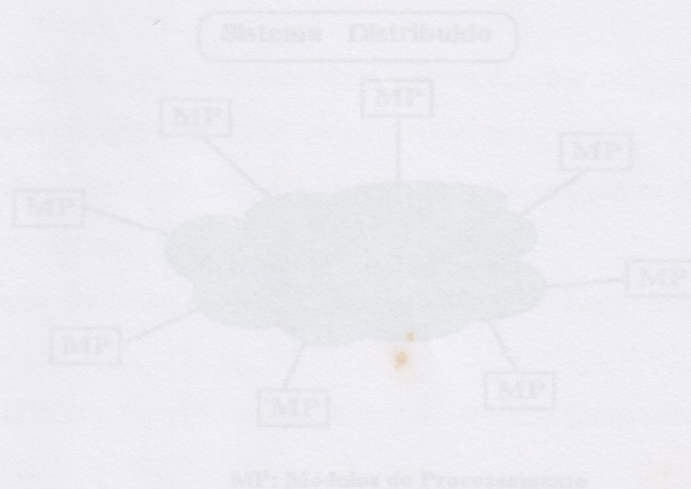


FIGURA 1. Topologia de um Sistema Distribuído.

Uma razão para se construir sistemas distribuídos é o fato de muitas aplicações serem naturalmente distribuídas. Em um sistema de automação industrial que controla robôs e máquinas ao longo de uma linha de montagem, é interessante que cada robô e cada máquina tenham seu próprio processador. Se todos esses processadores estiverem conectados, tem-se um sistema distribuído de automação industrial. De maneira similar, quando todas as agências de um banco estiverem conectadas, tem-se um sistema bancário distribuído (TANENBAUM, 1999).

Uma razão para se construir sistemas distribuídos é o fato de muitas aplicações serem eminentemente distribuídas. Em um sistema de automação industrial que controla robôs e máquinas ao longo de uma linha de montagem, é interessante que cada robô e cada máquina tenham seu próprio processador. Se todos esses processadores estiverem conectados, tem-se um sistema distribuído de automação industrial. De maneira similar, quando todas as agências de um banco estiverem conectadas, tem-se um sistema bancário distribuído (TANENBAUM, 1999).

Outra vantagem potencial de um sistema distribuído é a alta confiabilidade. Ao se distribuir a carga de trabalho por muitas máquinas, a falha de um simples processador vai derrubar no máximo uma única máquina, deixando intacto todo o restante do sistema. No caso de aplicações críticas, como controle de instalações nucleares, ou controle do tráfego aéreo, o uso de sistemas distribuídos é de fundamental importância (TANENBAUM, 1999).

O crescimento incremental é outro ponto muito importante a ser considerado. Muitas vezes uma empresa compra um mainframe pensando em realizar nele todo o seu trabalho computacional. Se a empresa prospera e a carga de trabalho na máquina aumenta, vai chegar um momento em que o mainframe não será mais adequado, pois não há mais possibilidade de expandi-lo. As únicas soluções para isso são: comprar uma máquina maior (se existir), ou comprar um segundo mainframe. Ambas as soluções podem vir a prejudicar bastante o operacional da empresa. Em contraste, com um sistema distribuído, sempre será possível adicionar mais processadores ao sistema, permitindo que ele seja expandido gradualmente, conforme a necessidade (TANENBAUM, 1999). Vantagens do uso de sistemas distribuídos aparecem resumidas abaixo:

- Economia – Os microprocessadores oferecem uma melhor relação preço / performance do que a oferecida pelos mainframes;
- Velocidade – Um sistema distribuído pode ter um poder de processamento maior que o de qualquer mainframe;
- Distribuição inerente – Algumas aplicações envolvem máquinas separadas fisicamente;
- Confiabilidade – Se uma máquina sair do ar, o sistema como um todo pode sobreviver;
- Crescimento incremental – O poder computacional pode crescer em doses homeopáticas;
- Compartilhamento de dados – Permite que mais de um usuário acesse uma base de dados comum;
- Compartilhamento de dispositivos – Permite que mais de um usuário possa ter acesso a periféricos muito caros, tais como impressoras laser;
- Comunicação – Torna muito mais simples a comunicação pessoa-a-pessoa (correio eletrônico);

- Flexibilidade – Espalha a carga de trabalho por todas as máquinas disponíveis ao longo da rede.

Existem vários casos onde muitos usuários precisam utilizar a mesma base de dados. Por exemplo, os funcionários de uma empresa de aviação precisam acessar a base de dados central para ter informações sobre vôos e as reservas já existentes. Se cada funcionário possuir sua própria base de dados, o sistema não vai cumprir sua finalidade, uma vez que nenhum deles vai saber quais assentos foram reservados pelos outros. O compartilhamento de dados é fundamental nesta e em muitas outras aplicações, de forma que estas e outras máquinas devem necessariamente estar interconectadas. A interconexão de máquinas leva a um sistema distribuído (TANENBAUM, 1999).

Vale observar que os dados não são as únicas coisas que podem ser compartilhadas. Os periféricos mais sofisticados, e conseqüentemente mais caros, tais como as impressoras laser e a cores, as máquinas de fotocomposição, e os dispositivos de armazenamento de alta capacidade, especialmente os óticos, são também compartilhados.

Outra razão para se fazer a conexão de um grupo de máquinas isoladas, transformando-as em um sistema distribuído, é conseguir melhorar a questão da comunicação entre as pessoas. Para muitas comunidades, o correio eletrônico tem vários atrativos sobre o correio convencional, o telefone, ou o fax. Ele é muito mais rápido que o correio tradicional, não requer que ambas as partes estejam disponíveis ao mesmo tempo como no caso do telefone, e ao contrário do fax, produz documentos que podem ser editados, rearranjados, armazenados em um computador, e manipulados por processadores de texto.

Finalmente, um sistema distribuído é potencialmente mais flexível do que um conjunto de computadores pessoais entregues a cada um dos usuários individualmente. Paradoxalmente, um bom modelo de sistema distribuído é, exatamente, entregar a cada usuário um computador pessoal, só que conectado a uma rede local. Outra possibilidade de se implementar um sistema distribuído é ter tanto computadores dedicados a usuários específicos, quanto computadores compartilhados por todos os usuários, sendo que normalmente os compartilhados são de maior porte que os particulares (TANENBAUM, 1999). Desta forma, a carga de trabalho pode ser dividida entre todos os computadores do sistema, de uma forma bastante razoável, fazendo com que a perda de algumas máquinas não tenha quase nenhum efeito sobre o sistema como um todo.

Apesar dos sistemas distribuídos terem muitas vantagens em relação aos centralizados, existem alguns aspectos delicados que merecem ser levados em consideração a partir da

escolha por ambientes distribuídos. O pior dos problemas é a falta de implementação e utilização de software distribuídos, que tipo de sistemas operacionais, linguagens de programação, aplicações são apropriadas para tais sistemas. Um segundo problema potencial é o das redes de comunicação, onde o ponto principal é a possibilidade de que sejam pedidas mensagens na rede, o que obriga utilizar um software especial para fazer a manipulação das mensagens. Outro aspecto relativo às redes é a possibilidade de elas ficarem sobrecarregadas com o tráfego gerado pelo intercâmbio de mensagens. Quando a rede fica saturada, a solução é substituí-la por outra de maior capacidade ou adicionar uma segunda rede para trabalhar junto com a primeira (TANENBAUM, 1999).

De acordo com Tanenbaum em ambos os casos, há necessidade de se alterar a cabeção passada entre os vários pontos conectados, havendo até o caso de ser necessária à substituição das placas de interface da rede, por outras de tecnologia de transmissão mais avançadas, como é o caso da fibra ótica. Tal necessidade pode representar uma despesa considerável.

A facilidade do compartilhamento dos dados, pode culminar no surgimento de um problema crítico de segurança, ou seja, se as pessoas podem acessar facilmente os dados disponíveis no sistema, significa dizer que fica fácil acessar dados que em tese não deveriam interessar ao usuário que os consultou. Como forma de evitar problemas dessa ordem, é preferível manter em um terminal isolado, desconectado da rede, os dados que devem permanecer secretos e todo o custo (TANENBAUM, 1999).

Abaixo seguem citadas sucintamente as desvantagens dos sistemas distribuídos:

- Software – até o presente momento não há muita disponibilidade de software para os sistemas distribuídos;
- Ligação em rede – a rede pode saturar;
- Segurança – os dados secretos também são acessíveis facilmente.

Apesar destes problemas potenciais, muitas pessoas consideram que as vantagens dos sistemas distribuídos superam as desvantagens eventualmente surgidas como o seu emprego, sendo, portanto esperado para os próximos anos um crescimento muito grande na utilização de sistemas distribuídos. De fato, é muito provável que dentro de poucos anos a maioria das empresas venha a ligar seus computadores, formando imensos sistemas distribuídos, para fornecer a seus usuários serviços melhores, mais baratos, e mais convenientes.

2.1.1. Sistemas Multicomputadores Ligados por Comutação

Num sistema multicomputador cada processador tem uma conexão direta com a sua própria memória local, o único problema é como os processadores vão se comunicar uns com os outros. Fica claro que também neste caso é necessário algum esquema de interconexão, mas como tal esquema só envolve a comunicação processador-a-processador, o volume do tráfego gerado será várias ordens de magnitude menor que quando a rede também é usada para suportar o tráfego entre processadores e memórias (TANENBAUM, 1999). Os sistemas multiprocessadores podem também ser ligado por comutação. Assim divide-se a memória em blocos e o acesso dos processadores aos blocos de memória pode ser feito através de comutação *crossbar* como mostra a Figura 2 (TANENBAUM, 1995). Em cada intersecção existe uma chave eletrônica que pode ser aberta ou fechada por hardware.

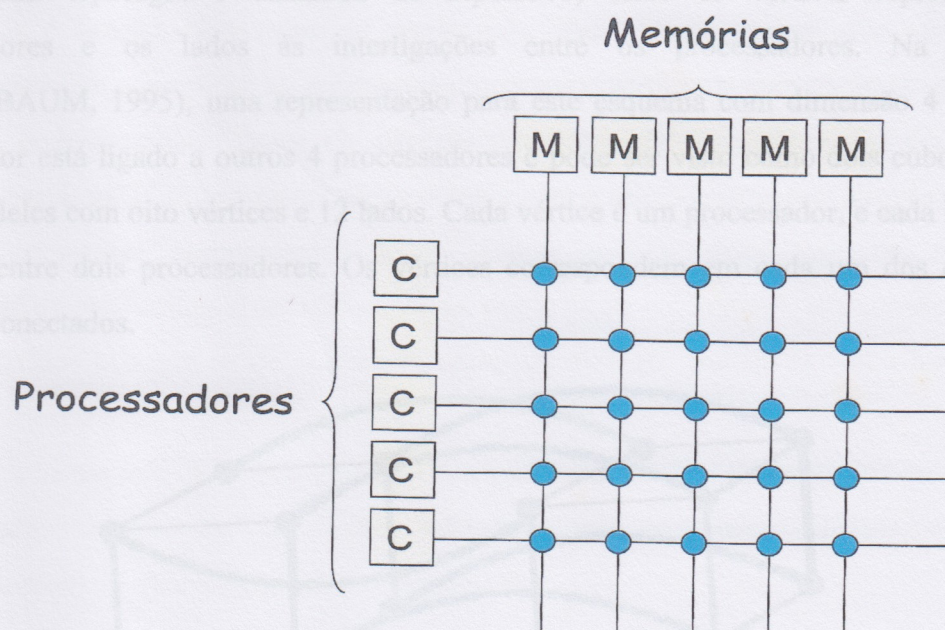


FIGURA 2: Comutação

Existem várias redes para conexão dos componentes deste tipo de sistema, sendo que em todas elas cada processador tem acesso direto e exclusivo a sua própria memória privada. As grades são mais fáceis de entender e de implementar em placas de circuito impresso. Elas são mais apropriadas para problemas de natureza bidimensional, tais como aqueles que envolvem a teoria dos grafos e a visão robótica.

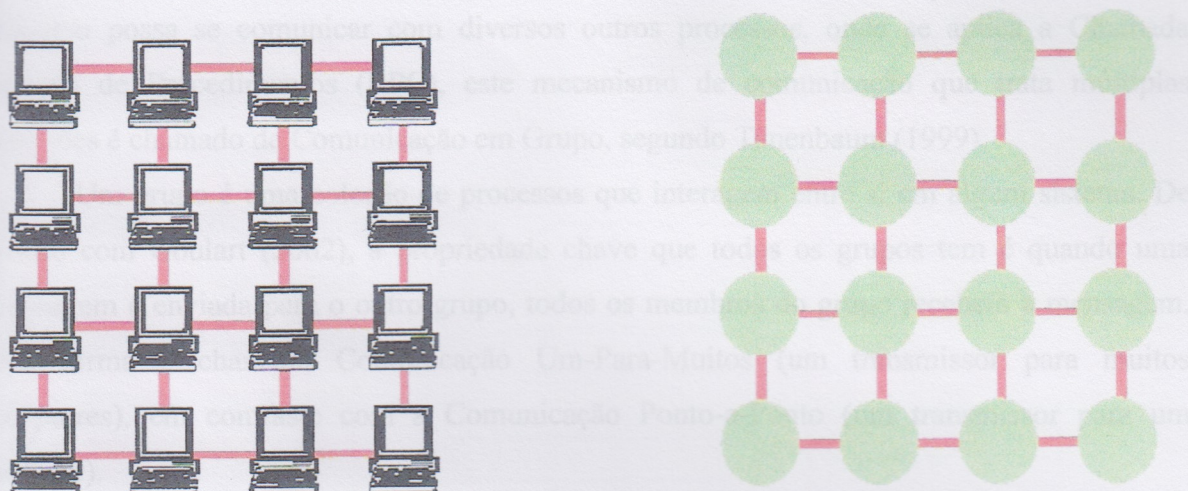


FIGURA 3: Topologia em Grade

Outra topologia é chamada de hipercubo, onde os vértices representam os processadores e os lados às interligações entre os processadores. Na Figura 4 (TANENBAUM, 1995), uma representação para este esquema com dimensão 4 onde cada processador está ligado a outros 4 processadores e pode ser visto como dois cubos comuns, cada um deles com oito vértices e 12 lados. Cada vértice é um processador, e cada lado é uma conexão entre dois processadores. Os vértices correspondem em cada um dos dois cubos também conectados.

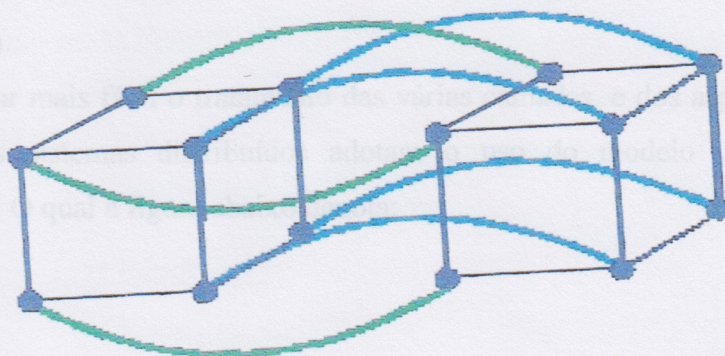


FIGURA 4: Topologia em Hipercubo

2.1.2. Comunicação em Sistemas Distribuídos

Em sistemas distribuídos é fundamental a comunicação entre diversos computadores que compõe esse ambiente de sistemas distribuídos. Em algumas situações é desejável que um

processo possa se comunicar com diversos outros processos, onde se aplica a Chamada Remota de Procedimentos (RPC), este mecanismo de comunicação que trata múltiplas conexões é chamado de Comunicação em Grupo, segundo Tanenbaum (1999).

Um grupo é uma coleção de processos que interagem entre si em algum sistema. De acordo com Goulart (2002), a propriedade chave que todos os grupos tem é quando uma mensagem é enviada para o outro grupo, todos os membros do grupo recebem a mensagem. Esta forma é chamada Comunicação Um-Para-Muitos (um transmissor para muitos receptores), em contraste com a Comunicação Ponto-a-Ponto (um transmissor para um receptor).

2.1.2.1. Protocolos em Camadas

Devido à total ausência de memória compartilhada, toda a comunicação nos sistemas distribuídos é baseada em troca de mensagens. Tanenbaum explica que, quando dois processos desejam comunicar-se, o primeiro processo constrói uma mensagem em seu próprio espaço de endereçamento. Então ele executa uma chamada de sistema, faz com o que o sistema operacional busque a mensagem e a envie para o segundo processo através da rede.

Os processos comunicantes devem concordar em vários aspectos, ou seja, à necessidade de concordância em vários níveis, desde os de baixo nível, tais como detalhes de transmissão dos bits, até os de alto nível, como aqueles que tratam de como a informação deve ser expressa.

Para tornar mais fácil o tratamento das várias camadas, e dos aspectos envolvidos na comunicação, os sistemas distribuídos adotam o uso do modelo OSI (*Open Systems Interconnection*). O qual a figura abaixo denota:

2.1.2.2. Endereçamento

Para que um cliente possa enviar uma mensagem para um servidor, ele precisa conhecer o seu endereço. Tanenbaum (1999), resume os métodos para endereçamento de processos, destacados abaixo:

1. Colocar máquina número no código do cliente.
2. Deixar que o processo escolha endereços de maneira randômica; localizá-los por broadcast.

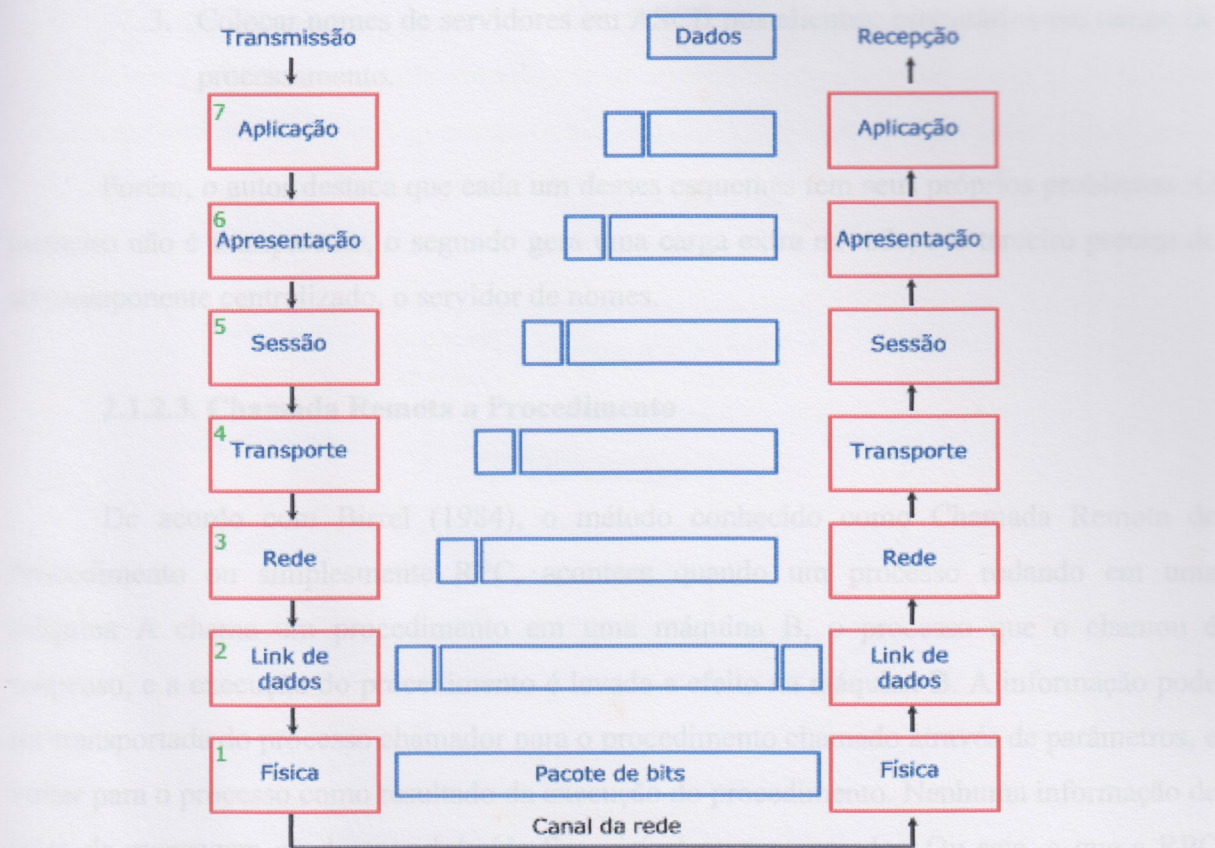


FIGURA 5: Níveis, Interfaces e Protocolos da Camada OSI

Neste modelo, a comunicação é dividida em sete níveis (físico, enlace de dados, rede, transporte, sessão, apresentação, aplicação). Cada um dos níveis trata de um aspecto específico da comunicação (TANENBAUM, 1999). Desta forma, a aplicação a ser executada, pode ser dividida em várias partes gerenciáveis, cada uma das quais pode ser resolvida de forma independente das demais.

2.1.2.2. Endereçamento

Para que um cliente possa enviar uma mensagem para um servidor, ele precisa conhecer o seu endereço. Tanenbaum (1999), resume os métodos para endereçamento de processos, destacados abaixo:

1. Colocar *máquinas.número* no código do cliente.
2. Deixar que o processo escolha endereços de maneira randômica; localizá-los por broadcast.

3. Colocar nomes de servidores em ASCII nos clientes; procurá-los em tempo de processamento.

Porém, o autor destaca que cada um desses esquemas tem seus próprios problemas. O primeiro não é transparente, o segundo gera uma carga extra na rede, e o terceiro precisa de um componente centralizado, o servidor de nomes.

2.1.2.3. Chamada Remota a Procedimento

De acordo com Birrel (1984), o método conhecido como Chamada Remota de Procedimento ou simplesmente RPC, acontece quando um processo rodando em uma máquina A chama um procedimento em uma máquina B, o processo que o chamou é suspenso, e a execução do procedimento é levada a efeito na máquina B. A informação pode ser transportada do processo chamador para o procedimento chamado através de parâmetros, e voltar para o processo como resultado da execução do procedimento. Nenhuma informação de troca de mensagem ou de entrada/saída fica visível ao programador. Ou seja, o que a RPC propõe é permitir que programas chamem procedimentos localizados em outras máquinas.

Tanenbaum (1999), resume os passos para a realização de uma RPC, a seguir citados abaixo:

1. O procedimento do cliente chama o *stub* do cliente da maneira usual.
2. O *stub* do cliente constrói uma mensagem e envia um *trap* ao *kernel*.
3. O *kernel* envia uma mensagem ao *kernel* remoto.
4. O *kernel* remoto entrega a mensagem ao *stub* do servidor.
5. O *stub* do servidor desempacota os parâmetros constantes da mensagem e chama o servidor.
6. O servidor realiza o seu trabalho e retorna o resultado para um buffer dentro do *stub*.
7. O *stub* do servidor empacota tais resultados em uma mensagem e emite um *trap* para o *kernel*.
8. O *kernel* remoto envia a mensagem para o *kernel* do cliente.
9. O *kernel* do cliente entrega a mensagem ao *stub* do cliente.
10. O *stub* desempacota os resultados e os fornece ao cliente.

Segundo Tanenbaum, o efeito líquido de todos estes passos é o de converter uma chamada local feita pelo procedimento do cliente ao *stub* do cliente, numa chamada local para o procedimento servidor, sem que nem o cliente nem o servidor estejam cientes dos passos intermediários. A figura abaixo demonstra esse esquema:

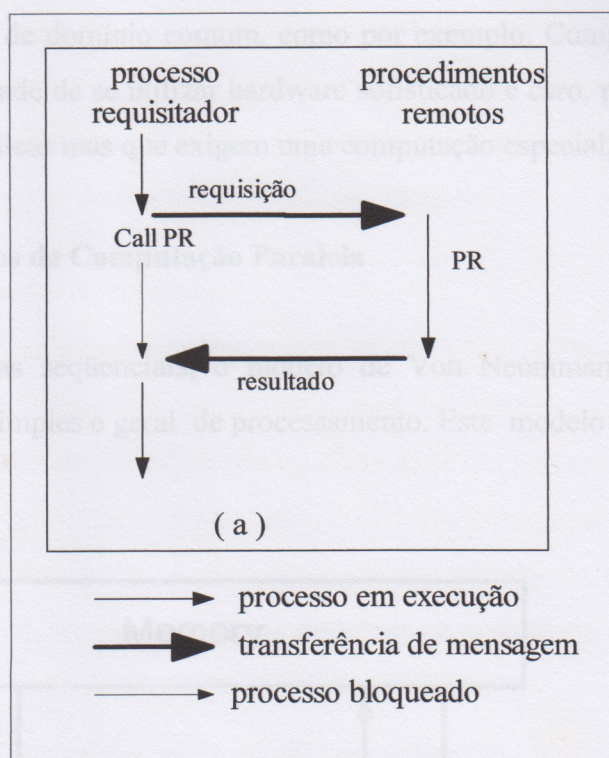


FIGURA 6: Mecanismo de Chamada Remota a Procedimento

2.2. Computação Paralela

O processamento paralelo consiste em dividir uma tarefa em suas partes independentes e na execução de cada uma destas partes em diferentes processadores (BUENO, 2002).

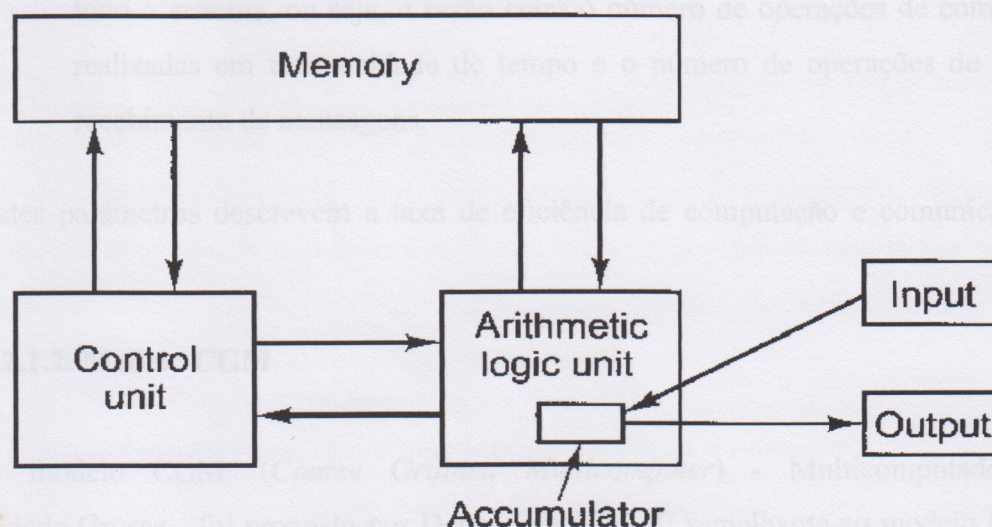
A Computação Paralela (ou processamento paralelo) consiste em um conjunto de elementos de processamento que comunicam e cooperam entre si para solucionarem grandes problemas de maneira mais rápida do que se estivessem sendo solucionados seqüencialmente (DIAS, 2003). Ou seja, com o auxílio de vários computadores (processadores), interligados em rede, uma mesma tarefa é dividida entre as máquinas gerando uma execução bem mais rápida. A sua utilização se explica pela necessidade de cada vez maior poder computacional pelas instituições científicas, militares ou industriais. Dias conta, no entanto, que não existem hoje ferramentas amigáveis ao usuário para o desenvolvimento de softwares para Computação

Paralela, o que existem são pesquisas em andamento para criar ferramentas que facilitem a construção de ambientes propícios ao desenvolvimento de Programas Paralelos.

E é nesse cenário que a Computação em Grade se encaixa, com a idéia de se utilizar vários processadores simultaneamente executando operações diferentes numa plataforma distribuída, com a principal vantagem de se oferecer uma programação de alto desempenho utilizando máquinas de domínio comum, como por exemplo, Computadores Pessoais (PCs), excluindo a necessidade de se utilizar hardware sofisticado e caro, para a execução de tarefas muitas vezes esporádicas mas que exigem uma computação especial, porém a um baixo custo.

2.2.1. Modelos de Computação Paralela

Para máquinas seqüenciais, o modelo de Von Neumann (RAM) forneceu com sucesso uma forma simples e geral de processamento. Este modelo está denotado pela figura abaixo:



The original von Neumann machine.

FIGURA 7: Modelo de Von Neumann (PRAM)

Entretanto, devido às diferentes arquiteturas paralelas existentes, surgiram vários modelos de computação paralela, onde apenas alguns receberam atenção considerável. Descritos de forma resumida, alguns dos principais modelos de computação paralela.

2.2.1.1. Modelo BSP

O modelo BSP (*Bulk Synchronous Parallel Model*) - Modelo Paralelo Síncrono Volumoso - foi proposto por Valiant, em 1990. Foi um dos primeiros a levar em consideração os custos de comunicação e a abstrair as características de uma máquina paralela em um pequeno número de parâmetros. O objetivo principal deste modelo é servir de modelo ponte entre as necessidades de hardware e software na computação paralela. Segundo Valiant, este é um dos fatores responsáveis pelo sucesso do modelo seqüencial de Von Neumann. De acordo com o autor os parâmetros do modelo BSP são os seguintes:

- **n**: tamanho do problema;
- **p**: número de processadores disponíveis, cada qual com sua memória local;
- **l**: o tempo mínimo entre dois passos de sincronização. Também chamado de parâmetro de periodicidade ou latência de um superpasso;
- **g**: é a capacidade computacional dividida pela capacidade de comunicação de todo o sistema, ou seja, a razão entre o número de operações de computação realizadas em uma unidade de tempo e o número de operações de envio e recebimento de mensagens.

Estes parâmetros descrevem a taxa de eficiência de computação e comunicação do sistema.

2.2.1.2. Modelo CGM

O modelo CGM (*Coarse Grained Multicomputer*) - Multicomputador com Granularidade Grossa - foi proposto por Dehne, em 1993. É semelhante ao modelo BSP, no entanto, é definido em apenas dois parâmetros:

- **n**: tamanho do problema;
- **p**: número de processadores disponíveis, cada um com uma memória local de tamanho (n/p) ;

O termo "granularidade grossa" vem do fato de que o tamanho do problema é consideravelmente maior que o número de processadores.

2.2.2. Tipos de Paralelismo

Segundo Bueno (2002), há três estilos básicos de paralelismo dependentes da plataforma de execução.

- Paralelismo Geométrico: o conjunto de dados é dividido e cada processador executa uma cópia do programa em seu conjunto de dados.
- Paralelismo “*Processor Farm*”: Caracteriza-se por um processador mestre que supervisiona um grupo de processadores escravos.
- Paralelismo *Pipeline*: A aplicação é dividida em tarefas específicas que são distribuídas aos processadores de forma *pipeline*.

2.3. GRID Computacional

2.3.1. Introdução aos Conceitos

Grids Computacionais são uma área recente e em franca expansão. O que começou em universidades e institutos de pesquisa ganhou o mundo empresarial e hoje faz parte da estratégia de corporações como IBM, HP/Compaq, Sun e Fijitsu. Em suma, Grids Computacionais são hoje um assunto em moda. Mas, o que afinal vem a ser um Grid Computacional? A visão original estabelece uma metáfora entre A Rede Elétrica (The Electric Grid) e O Grid Computacional (The Computational Grid).

• Heterogeneidade (nos componentes do Grid);

• Alta dispersão; A Rede Elétrica disponibiliza energia elétrica sob demanda e esconde do usuário detalhes como a origem da energia e a complexidade da malha de transmissão e distribuição. Ou seja, se temos um equipamento elétrico, simplesmente o conectamos na tomada para que ele receba energia. O Grid Computacional, portanto, seria uma rede na qual o indivíduo se conecta para obter poder computacional (CIRNE, 2004, p. 1).

• Compartilhamento;

• Múltipla de
(múltiplas);

Um sistema que forneça poder computacional sob demanda é certamente desejável. Para muita gente a Internet é este sistema. De fato, para aqueles cujas necessidades de processamento são satisfeitas por um computador desktop, a Internet atende os requisitos básicos de um Grid Computacional. Por exemplo, quando usa-se home banking, o computador desktop, uma série de roteadores e os computadores do banco se agregam sob demanda para fornecer um serviço de forma transparente, não quero com isso sugerir que

Grid Computing é o mesmo que Internet. Portanto, embora a metáfora do Grid oferecendo poder computacional como a Rede Elétrica oferece energia seja interessante e motivadora, ela não passa disso, de uma metáfora. Para oferecer um conceito mais útil tecnicamente, é necessário se pensar no Grid como uma plataforma para execução de aplicações paralelas.

De acordo com Cirne (2004), a visão que coloca o Grid como o equivalente computacional da Rede Elétrica conta apenas parte da história. Grids Computacionais nasceram da comunidade de Processamento de Alto Desempenho (PAD) e a impressionante melhoria de desempenho que redes de computadores vêm experimentando naturalmente levou a idéia de se utilizar computadores independentes conectados em rede como plataforma para execução de aplicações paralelas. Segundo Cirne (2004), os atrativos desta idéia são a possibilidade de alocar uma enorme quantidade de recursos a uma aplicação paralela (centenas de milhares de computadores conectados via Internet) e fazê-lo a um custo muito menor do que alternativas tradicionais (baseadas em supercomputadores paralelos).

Mas, certamente há plataformas para execução de aplicações paralelas que não são Grids. Um cluster é um sistema que compreende dois ou mais computadores ou sistemas (denominados nodos) os quais trabalham em conjunto para executar aplicações ou realizar outras tarefas, de tal forma que os usuários que os utilizam tenham a impressão que somente um único sistema responde para eles, criando assim uma ilusão de um recurso único (PITANGA, 2002). De maneira geral, pode-se dizer que Grids são mais distribuídos, diversos e complexos que outras plataformas como o cluster, por exemplo. De acordo com Cirne (2004), aspectos que evidenciam esta distribuição, diversidade e complexidade são:

- Heterogeneidade (nos componentes do Grid);
- Alta dispersão geográfica (Grids podem ter escala mundial);
- Compartilhamento (no sentido de que o Grid não pode ser dedicado a uma aplicação);
- Múltiplos domínios administrativos (Grids podem congrega recursos de várias instituições);
- Controle distribuído (tipicamente não há uma única entidade que tenha poder sobre todo o Grid).

Essas características norteiam uma discussão que propõe um conceito para o que vem a ser um Grid Computacional, ou seja, que uma plataforma para execução de aplicações paralelas que apresenta as características acima listadas certamente é um Grid, porém o fato

de que a ausência de alguma dessas características não deve automaticamente desqualificar uma determinada plataforma como Grid, como destaca Cirne (2004).

Ele explica que uma aplicação paralela é composta por várias tarefas e que as tarefas que compõem uma aplicação paralela executam em vários processadores, caracterizando desta forma o paralelismo da execução da aplicação e conseqüente redução no seu tempo de execução. Os processadores usados por uma determinada aplicação constituem a plataforma de execução da aplicação. Plataformas de execução de aplicações paralelas variam em diversos aspectos, dos quais destacam-se conectividade, heterogeneidade, compartilhamento, imagem do sistema e escala.

Conectividade diz respeito aos canais de comunicação que interligam os processadores que compõem a plataforma de execução. Atributos que definem a conectividade de uma plataforma são a topologia, largura de banda, latência e compartilhamento. *Heterogeneidade* trata das diferenças entre os processadores, que podem ser de velocidade e/ou arquitetura. *Compartilhamento* versa sobre a possibilidade dos recursos usados por uma aplicação serem compartilhados por outras aplicações. *Imagem do sistema* se refere à existência de uma visão única da plataforma, independente do processador ser utilizado. Por exemplo, todos os processadores da plataforma enxergam o mesmo sistema de arquivos? *Escala* estabelece quantos processadores tem a plataforma (CIRNE, 2004, p. 3).

Componentes do Grid podem variar drasticamente em capacidade, software instalado, sistemas de arquivo montados e periféricos instalados. Além disso, os componentes de um Grid podem estar sob controle de diferentes entidades e, portanto, em domínios administrativos diversos. É importante salientar que uma aplicação Grid deve estar preparada para lidar com todo este dinamismo e variabilidade da plataforma de execução paralela, adaptando-se ao cenário que se apresenta com o intuito de obter a melhor performance possível no momento.

2.3.2. Aspectos da Computação em Grid

Cirne (2004), destaca que Grids levantam as mesmas questões que outras plataformas de execução de aplicações paralelas, tais como modelo de programação (troca de mensagens - memória compartilhada) e balanceamento de carga. Além destas questões, entretanto, grids trazem uma nova gama de aspectos que precisam ser considerados pelos desenvolvedores de infraestrutura e de aplicações. Estes novos aspectos surgem devido às próprias características do Grid, como ampla distribuição, grande escala, alta heterogeneidade e múltiplos domínios administrativos.

2.3.2.1. Escalonamento de Aplicação

Tradicionalmente, há um escalonador que controla os recursos do sistema (não há como usar os recursos sem a autorização do escalonador). Por exemplo, o sistema operacional controla o computador no qual roda, decidindo quando e aonde (no caso de multiprocessadores) cada processo executa. Estes escalonadores são chamados de *escalonadores de recursos* (CIRNE, 2004). Uma característica importante dos escalonadores de recursos é que eles recebem solicitações de vários usuários e, portanto, tem que arbitrar entre estes vários usuários o uso dos recursos que controlam. Devido à grande escala, ampla distribuição e existência de múltiplos domínios administrativos, não é possível construir um escalonador de recursos para Grids. Uma razão para isto é que sistemas distribuídos que dependem de uma visão global coerente (necessária ao controle dos recursos) escalam mal. Além disso, é muito difícil (senão impossível) convencer os administradores dos recursos que compõem o Grid a abrir mão do controle de seus recursos. Assim sendo, para utilizar recursos controlados por vários escalonadores de recurso distintos, alguém tem que: (i) escolher quais recursos serão utilizados na execução da aplicação, (ii) estabelecer quais tarefas cada um destes recursos realizará, e (iii) submeter solicitações aos escalonadores de recurso apropriados para que estas tarefas sejam executadas (CIRNE, 2004). Esta é a tarefa do *escalonador de aplicação*. Escalonadores de aplicação não controlam os recursos que usam. Eles obtêm acesso a tais recursos submetendo solicitações para os escalonadores que controlam os recursos. Ou seja, em um Grid, as decisões de escalonamento são divididas em duas camadas, com parte da responsabilidade pelo escalonamento sendo transferida dos escalonadores de recurso para o nível de aplicação.

De acordo com Cirne (2004), as decisões tomadas pelo escalonador de aplicações (quais recursos serão utilizados e quais tarefas cada um destes recursos realizará) são normalmente baseadas em um modelo do desempenho da aplicação e em dados sobre o estado atual dos vários recursos que formam o Grid. Portanto, escalonadores de aplicação têm que conhecer detalhes das aplicações que escalonam. Além disso, escalonadores de aplicação normalmente precisam saber quanto tempo cada recurso vai levar para processar uma dada tarefa. Sem esta informação, é difícil escolher os melhores recursos a utilizar, como também determinar qual tarefa alocar a cada um desses recursos. Para obter tal informação, foram desenvolvidos sistemas que monitoram e prevêem o comportamento futuro de diversos tipos de recursos. Este esquema de obtenção de informação baseado em monitoração tem se mostrado eficaz quando os recursos monitorados são redes TCP/IP ou computadores

compartilhados no tempo, mas ainda há questões quanto a escalabilidade dos sistemas de monitoração.

Segundo Cirne (2004) uma questão relacionada à arquitetura de escalonamento para Grids é a determinação do comportamento emergente dos escalonadores de aplicação. Ou seja, qual o impacto no sistema como um todo de ter vários escalonadores de aplicação, cada qual tentando obter boa performance para sua aplicação. Essa é uma questão bastante relevante, pois há evidência teórica que sistemas nos quais alocação de recursos é feita por várias entidades independentes podem exibir degradação de performance ou até comportamento caótico.

2.3.2.2. Acesso e Autenticação

Devido à ampla distribuição e existência de múltiplos domínios administrativos, acesso aos recursos que compõe, um Grid não é tão simples quanto em outras plataformas de execução de aplicações paralelas. Por exemplo, um SMP (Symetric Multi Processor – Máquinas Multiprocessadoras) roda uma só cópia do sistema operacional. Ao efetuar login no sistema, portanto, o usuário é identificado e autenticado para todos os processadores. Da mesma forma, embora tenham várias cópias do sistema operacional, MPPs (Massive Parallel Processor) e NOWs normalmente mantêm um cadastro de usuários que é válido para todos os processadores do sistema. Já em Grids, é necessária uma forma de acesso para cada recurso (ou subconjunto de recursos, quando estes compartilham do mesmo cadastro de usuários) que compõe o Grid. Obviamente, tal forma de acesso tem que oferecer garantias sobre autenticação dos usuários, caso contrário os administradores de sistema se oporão a seu uso.

2.4. Economia Promovida pela Tecnologia de Grid

Para que Grids sejam úteis, é preciso que eles existam, é preciso criá-los. E nesta sentença Cirne (2004), explica de uma forma bastante óbvia como essas plataformas de execuções paralelas podem provê economia.

Supondo que duas instituições *A* e *B* decidem formar um Grid, unificando seus recursos e fornecendo melhores serviços computacionais a seus usuários. Mas, como os recursos serão compartilhados? Supondo que *A* tem mais que o dobro dos recursos de *B*. Um compartilhamento equânime seria prejudicial a *A*, que então relutaria em formar um Grid com *B*. Por outro lado, assumindo que *A* não pode fornecer acesso a seus recursos durante o expediente bancário (10:00 às 16:00). Como se pode perceber, o *contrato* entre *A* e *B* para compartilhamento de recursos e

construção de um Grid comum pode ser algo bastante sofisticado. Se a criação de um Grid entre *duas* instituições pode oferecer tal complexidade, imagine a criação de Grids envolvendo centenas ou milhares de entidades (CIRNE, 2004).

A abordagem que vem sendo sugerida para este problema é a criação de Economias Grid. A idéia básica é a construção de um mercado computacional onde as diversas entidades envolvidas no Grid possam trocar recursos. O aspecto mais atraente desta abordagem é que acordos de compartilhamento sofisticados não são mais necessários. Recursos são comprados e vendidos de forma independente, sem um supervisor onisciente do mercado. Desta forma, entidades podem decidir independentemente quando comprar ou vender recursos. A moeda utilizada seria provavelmente algum “dinheiro virtual” que daria apenas poder de compra de recursos computacionais. Entretanto, é concebível o câmbio entre este “dinheiro virtual” e dinheiro real, incentivando a criação de empresas que forneçam poder computacional sobre demanda.

2.5. Exemplos de Sistemas de Computação em Grid

Vários sistemas para suporte à Computação em Grid surgiram nos últimos anos, tanto através de esforços acadêmicos (Condor, Legion, Globus,) quanto decorrentes de empreendimentos comerciais (Entropia, Distributed.net). E nesta seção vou acentuar o conceito de cada um dos mais importantes sistemas que estão sendo desenvolvidos para absorver a aplicação Grid.

2.5.1. Globus

Globus é um projeto que visa construir serviços de software que permitam que aplicações possam ser executadas em grid. Globus é caracterizado como um conjunto de serviços para grid, o que permite que aplicações para grade sejam desenvolvidas de maneira incremental, adicionando-se serviços extras com o passar do tempo. Por exemplo, pode-se primeiro utilizar ferramentas para coordenar a execução simultânea da aplicação em diversas máquinas, adicionando-se posteriormente transferências de arquivos no grid e monitoramento. Os serviços de Globus são divididos em serviços locais e globais. Cada serviço global é definido em termos de serviços locais.

Assim, para um dado serviço, por exemplo, alocação de recursos, cada máquina ou domínio administrativo executa um serviço local gerenciador e diversos destes se unem para

representar um serviço global de alocação de recursos. Como o grid deve funcionar sobre as mais diferentes arquiteturas, deve-se manter uma interface simples que seja comum a todas. Assim, os serviços locais são implementados de modo a fornecer uma interface enxuta, o centro da ampulheta, aos serviços globais (GOLDCHELEGER et al, 2002).

Outra característica peculiar ao sistema Globus são as interfaces translúcidas, cujo objetivo é administrar a heterogeneidade, ao invés de escondê-la. Normalmente as interfaces são usadas para limitar as interações entre diferentes partes de um sistema, facilitando assim a sua programação e manutenção. Entretanto, como muitas aplicações a serem executadas no grid exigem alto desempenho, pode ser desejável que alguns detalhes das camadas de baixo nível sejam visíveis e possivelmente alterados (GOLDCHELEGER et al, 2002).

Segundo os idealizadores, é possível adotar tal estratégia sem que isso implique em interfaces complexas. A idéia de interfaces translúcidas é análoga às meta-interfaces de sistemas reflexivos como, por exemplo, os sistemas de middleware reflexivos que utilizam o modelo de reflexão computacional para implementar uma plataforma de middleware reconfigurável (GOLDCHELEGER et al, 2002).

2.5.2. Legion

Legion objetiva construir um sistema de computação em grade baseado em objetos. Sua arquitetura é bem diferente da arquitetura do Globus. Em Legion, todos os elementos do Grid são representados por objetos, sejam eles dados ou objetos reais, tais como microscópios, telescópios e outros equipamentos. Alguns dos objetivos da arquitetura são os seguintes (GOLDCHELEGER et al, 1996):

- Autonomia para diferentes domínios: cada domínio administrativo pode especificar como seus recursos podem ser utilizados. Legion não impõe nenhuma política aos usuários;
- Núcleo extensível: a arquitetura de Legion permite que partes do sistema sejam trocadas ou aprimoradas conforme as necessidades dos usuários;
- Arquitetura escalável: o sistema é totalmente distribuído de modo a permitir grande escalabilidade;
- Ambiente de computação homogêneo: a grade deve esconder as diferentes plataformas sobre as quais está executando;

- Espaço de nomes único e persistente;
- Aproveitamento de recursos heterogêneos: em algumas situações, pode ser conveniente executar uma aplicação em uma máquina mais adequada;
- Suporte a múltiplas linguagens e interoperabilidade;
- Tolerância à falhas;
- Executar com poucos privilégios, ou seja, não deve exigir nenhum tipo de privilégio de super-usuário.

2.5.3. Condor:

O sistema Condor certamente é o mais antigo dos aqui apresentados. Sua origem data de 1985, e foi derivado de outro projeto desenvolvido na Universidade de Wisconsin chamado "Remote Unix". Dos três projetos apresentados, Condor é o que dá mais ênfase à utilização de recursos ociosos em redes de computadores, que é o foco principal do InteGrade (USP, 2003). O usuário alvo de Condor é aquele que possui necessidade de grande poder computacional ao longo de grandes unidades de tempo, tais como dias, meses ou anos. Normalmente o conjunto de dados a ser processado é muito maior que o tempo disponível para fazê-lo, assim, o tempo disponível acaba determinando o quanto será processado (GOLDCHELEGER et al, 1988).

A tal característica de processamento dá-se o nome de High Troughput Computing ou HTC. A HTC contrasta com computação de alto desempenho (HPC), que normalmente se preocupa com desempenho ao longo de curtos períodos de tempo, utilizando medidas de desempenho como FLOPs. Com o passar dos anos, os recursos computacionais que antes eram centralizados passaram a ser distribuídos pelas instituições. Atualmente, cada membro possui uma máquina, na qual desempenha suas funções diárias. Entretanto, durante grande parte do tempo essas máquinas ficam ociosas. Recursos fragmentados representam comodidade de uso, mas também incorrem em desperdício de poder computacional. Como os usuários de HTC precisam de quase todo o poder computacional disponível, fica evidente que qualquer recurso que possa ser utilizado é bem vindo aos sistemas de HTC, e esse é o objetivo de Condor (GOLDCHELEGER et al, 1988).

2.6. Impactos da Tecnologia de Grids

Realmente o sistema em Grid está crescendo e, cada vez mais sendo visado por empresas que sabem as vantagens que podem ser conseguidas com tal infra-estrutura. As citações dispostas a seguir confirmam essa consideração.

Um artigo publicado pelo jornal americano Chicago Tribune de título: **“Ciência está a alguns anos do Grid Elétrico”** de 03/10/2003, pesquisadores da Argonne National Laboratory defendem que a prevenção para grandes blackouts (escuridão) envolve software para prevê defeitos antes que possam acontecer. O modelo para isso é a própria Internet, com a demanda elétrica sendo antecipada e o fluxo ajustado antes de qualquer grande desequilíbrio. A contínua queda no preço do chip de computadores é um dos avanços mais importantes para isso, permitindo adicionar inteligência para o grid elétrico de forma mais barata que reconstruí-lo. O laboratório, que também utiliza um dos mais potentes grids do mundo, está testando um software, batizado de Telos, que analisa os padrões de uso de eletricidade no passado para prevê a demanda futura. Os engenheiros esperam que, com os testes, o programa fique pronto para o mundo real, em poucos anos. A instituição já coletou dados de 30 meses, relacionando-os ao acompanhamento hora-a-hora da meteorologia. O Telos passou ainda por um ano de informações para entender os padrões de consumo de energia. E, no momento, roda simulações para prever a demanda e o resultado é comparado com a realidade. O objetivo para o futuro é a criação de grids locais para fazer previsões em escalas menores. O motivo é que os grids elétricos nacionais ficaram tão complexos que se torna impossível monitorar e acompanhá-los. A correção de problemas locais antes que se espalhem deve ser suficiente para evitar grandes falhas, segundo os pesquisadores.

No artigo de título: **“Oracle Traz Discurso Pró-grid Computing e Linux”** de 15/12/2003, Chuck Phillips vice-presidente executivo e segundo homem na hierarquia da empresa diz que a Oracle já vem trabalhando para o conceito há 15 anos, quando começou a pensar em servidor paralelo. Mas só agora o mercado e a tecnologia estão realmente prontos para o conceito, devido ao barateamento de servidores, e sistemas operacionais. “Linux é um requerimento, nós enfatizamos o seu uso porque a economia é muito poderosa”, afirma Phillips. E isto diferencia a proposta de grid da Oracle da dos concorrentes, ao afirmar que a empresa vai oferecer um controle único envolvendo servidores de aplicações, banco de dados e storage. A família de produtos 10g inclui o Oracle Database 10g, o Application Server 10g e Enterprise Manager 10g, que faz a consolidação de servidores e armazenamento em um único pool de recursos. Todos os produtos podem ser comprados separadamente. Segundo o

presidente para a América Latina, Luiz Meisler, o custo de migração será quase zero para os usuários, que ao pagar licenças, podem fazer a atualização do banco de dados assim que quiserem. Até o momento, cerca de 360 clientes já demonstraram interesse em adquirir a solução para grid.

Em entrevista à IT Utility Pipeline, publicação do grupo CMP, AIBenshaft, vice-presidente de vendas: “Fornecedora de software apresenta sua estratégia de grid computing no Brasil e afirma já ter cerca de 360 interessados mundialmente”. (PHILLIPS, 2003).

Essa nova plataforma representa a entrada da empresa em ambientes de grid computing. O chefe de negócios de arquitetura da plataforma de Grid Computacional da Oracle, Ian Baird, diz: “é preciso lembrar que grid computing é criada, não comprada, e que os clientes precisam começar com uma aplicação em um departamento e depois ir ampliando o uso”. Mas Baird não se conteve em louvar os ganhos de longo prazo, com a tecnologia, em frente a alguns analistas financeiros. “Dezenas de nossos clientes estão indo para grid computing”, disse, notando que o J.P. Morgan Chase baixou os custos de hardware de 50% a 60% e está conseguindo grandes economias em gerenciamento e outras áreas. E, sobre a empresa que economizou 21 milhões de dólares investindo 100 mil dólares, Baird disse apenas que é da indústria automotiva. O cliente da Oracle, Frederick Limp, professor do departamento de Geociências e Dinâmicas Ambientais da Universidade do Arkansas, concordou com uma perspectiva otimista. “Quando a Oracle foi para grid, pensei num movimento como o de Mosaic para Netscape”, compara. O resultado é que a grid chegou a um alto grau de aceitação em grandes empresas, em que os bancos de dados precisam lidar com arquivos gigantes de diversas fontes e que precisam de arquiteturas mais seguras, escaláveis e bem mais efetivas.

Em artigo intitulado “Dinheiro economizado com uso da tecnologia deve ser aproveitado pelas empresas em outros projetos, acredita a fabricante”. (PHILLIPS, 2003).

A citação acima é de Charles Phillips, vice-presidente executivo da Oracle, no artigo de título: **“Grid Computing é Aposto de Longo Prazo da Oracle”** de 26/09/2003. O software de grid da Oracle deve chegar ao mercado ainda este ano, mas os lucros gerados pelo lançamento ainda devem demorar. Isso porque a estratégia da companhia para a nova solução é de longo prazo. Phillips prevê que, “O grid ajuda as empresas a economizarem. Esse dinheiro poderá ser usado futuramente em outros projetos de TI”. Desenvolvido para permitir que as corporações integrem a capacidade de computadores independentes, aumentando sua eficiência operacional e podendo retardar a aquisição de novos equipamentos, o software de

Grid Computing da Oracle tem como principal função reduzir a porcentagem de capacidade de processamento inativa atualmente. Esse número, segundo pesquisas de mercado, chega a algo entre 40% e 60%.

Em entrevista à IT Utility Pipeline, publicação do grupo CMP, AlBunshaft, vice-presidente de vendas de grid para a IBM, disse acreditar que o conceito causará um grande impacto nas empresas em breve. Segundo o executivo, é bem possível que um em cada cinco negócios poderão utilizá-lo em dois anos, conforme o previsto pela empresa de pesquisas Evans Data. Bunshaft diz que a IBM trabalha o conceito com foco em sua adoção comercial. Nesse sentido, o ponto de início lógico seriam as aplicações verticais. Segundo o executivo, as atenções da corporação estão voltadas para análise de negócios, engenharia e design e pesquisa e desenvolvimento. Já em aplicações horizontais, o foco seria em áreas como governo, onde um país pode criar uma grade para o desenvolvimento econômico. A IBM também estaria de olho na otimização empresarial, que pressupõe, por exemplo, uma organização construir backbone (esqueleto) analítico - uma infra-estrutura única e comum que pode ser utilizada sob demanda. Hoje, diz ele, as aplicações mais encaminhadas de grid seriam das áreas financeira, industrial, ciências e farmacêutica. O próximo passo seria o de levar as aplicações do grid ao board (conselhos de administração). A IBM, conta, está começando a trabalhar com fornecedores de software verticalmente orientados. E a próxima área a crescer será a de aplicativos-padrão que suportem grid e o uso que os usuários finais farão dos benefícios desse aplicativo.

“Companhia considera grid como um ambiente operacional on-demand, capaz de tornar os negócios mais adaptáveis”. (BUNSHAFT, 2004).

Em artigo intitulado: **“HP Avança com a estratégia Grid Computing para a Adaptive Enterprise”** de 15/09/2004, Shane Robison, chefe de estratégia e tecnologia da HP afirma:

“Os Sistemas HP vão estar preparados para trabalhar em redes de computação compartilhadas (Grid); Os serviços Grid vão simplificar o uso e a gestão dos recursos de infra-estruturas”. (ROBISON, 2004).

A HP começou a desenvolver infra-estruturas baseadas na computação compartilhada em rede há mais de cinco anos. Trata-se de uma peça importante da estratégia Adaptive Enterprise (Empreendimento e Adaptação) da HP, e hoje já é constada que a visão de computação compartilhada está a poucos passos da realidade à medida que as empresas

comerciais procuram cada vez mais a agilidade e os benefícios de custo que este tipo de computação proporciona. Para os CIOs (*Chief Information Officers*), a grid pode ajudar a melhorar a sincronização do negócio e das necessidades tecnológicas em tempo real. Para que se possa atingir esses objetivos, a HP empenhou-se na preparação dos seus sistemas de TI para funcionarem em grid. Isto quer dizer que, durante os próximos anos, os produtos que vão desde os mais pequenos handhelds (computadores de mão) da HP, impressoras e PC até às mais robustas infra-estruturas de armazenamento e supercomputação, poderão ser conectados e servir de recursos no grid.

Este projeto, desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, foca uma análise do conceito Grid como: uma infra-estrutura que permite o uso integrado e colaborativo de computadores de alto desempenho, redes, base de dados e instrumentos científicos pertencentes a diversas organizações. Suas aplicações frequentemente envolvem grandes quantidades de dados e/ou computação e requerem compartilhamento seguro de recursos, o que não é facilmente executável com as estruturas da Internet atualmente. O foco do projeto é permitir que grupos de pessoas interajam com os recursos do Grid e usem essa tecnologia para permitir colaboração remota entre grupos. Permitindo por exemplo, a realização de aulas e seminários distribuídos, participação remota em painéis e debates, encontros virtuais e demonstrações complexas baseadas no Grid (GEYER et al, 2003).

3.2. Gerenciamento Integrado de Grids Computacionais

Na arquitetura de gerenciamento baseado em políticas definidas pelo IETF (Yavatkar et al, 2000), os elementos de tradução são chamados de PDPs (*Policy Decision Points*) e os dispositivos onde as ações de configuração são aplicadas são chamadas de PEPs (*Policy Enforcement Points*). A proposta deste projeto desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande Sul – UFRGS é definir uma arquitetura hierárquica de gerenciamento baseado em políticas, baseado no modelo do IETF, através da qual as políticas de acesso e configuração utilizadas pelo grid são definidas no nível mais alto. As políticas do grid são mapeadas para as políticas de gerenciamento da rede, em um nível de abstração inferior, segundo regras de mapeamento definidas pelo gerente da rede (NEISSE e ALMEIDA, 2003, p. 2).

3.3. InteGrade

O Projeto desenvolvido no IME da Universidade de São Paulo – USP, visa construir uma infra-estrutura genérica de *middleware* que permita a utilização de tempo ocioso das

3. Projetos no Brasil sobre Grids Computacionais

Sendo a plataforma Grid ainda um objeto de profundo estudo e desenvolvimento nas vias acadêmicas, existem alguns projetos que se destacam em algumas áreas de aplicação de estudo dessa tecnologia. A seguir listados os principais projetos em desenvolvimento sobre Computação em Grade no Brasil.

3.1. Access Grid

Este projeto, desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, foca uma análise do conceito Grid como: uma infra-estrutura que permite o uso integrado e colaborativo de computadores de alto desempenho, redes, base de dados e instrumentos científicos pertencentes a diversas organizações. Suas aplicações freqüentemente envolvem grandes quantidades de dados e/ou computação e requerem compartilhamento seguro de recursos, o que não é facilmente exeqüível com as estruturas da Internet atualmente. O foco do projeto é permitir que grupos de pessoas interajam com os recursos do Grid e usem essa tecnologia para permitir colaboração remota entre grupos. Permitindo por exemplo, a realização de aulas e seminários distribuídos, participação remota em painéis e debates, encontros virtuais e demonstrações complexas baseadas no Grid (GEYER et al, 2003).

3.2. Gerenciamento Integrado de Grids Computacionais

Na arquitetura de gerenciamento baseado em políticas definidas pelo IETF (Yavatkar et al, 2000), os elementos de tradução são chamados de PDPs (*Policy Decision Points*) e os dispositivos onde as ações de configuração são aplicadas são camadas de PEPs (*Policy Enforcement Points*). A proposta deste projeto desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande Sul – UFRGS é definir uma arquitetura hierárquica de gerenciamento baseado em políticas, baseado no modelo do IETF, através da qual as políticas de acesso e configuração utilizadas pelo grid são definidas no nível mais alto. As políticas do grid são mapeadas para as políticas de gerenciamento da rede, em um nível de abstração inferior, segundo regras de mapeamento definidas pelo gerente da rede (NEISSE e ALMEIDA, 2003, p. 2).

3.3. InteGrade

O Projeto desenvolvido no IME da Universidade de São Paulo – USP, visa construir uma infra-estrutura genérica de *middleware* que permita a utilização de tempo ocioso das

máquinas já disponíveis em instituições públicas e privadas para a resolução de diversos problemas altamente paralelizáveis. A importância do InteGrade é evidenciada quando analisam-se as necessidades de recursos computacionais robustos e caros, na própria instituição já existem dezenas ou centenas de máquinas sub-utilizadas. O tempo ocioso de tais máquinas pode ser usado pelos pesquisadores, resultando em economia de recursos e eliminação de desperdício. InteGrade será construído utilizando o que existe de mais avançado em sistemas de objetos distribuídos, padrões da indústria e protocolos de computação distribuída de alto desempenho (GOLDCHLEGER et al, 2002, p. 12).

3.4. OurGrid:

Tendo em vista a importância e o crescimento acelerado da áreas de Grids Computacionais, a HP Brasil, decidiu patrocinar, usando os benefícios da Lei da Informática, o projeto Uso e Gerência de Grids, a ser executado pelo Departamento de Sistemas e Computação, do Centro de Ciências e Tecnologia-CCT/UFCG – Universidade Federal de Campina Grande. O projeto investigará importantes questões em aberto relativas a escalabilidade e dinamicidade de grandes Grids (CIRNE et al, 2003).

- **LuaSpace Plus – Um Ambiente para Desenvolvimento de Aplicações Distribuídas:** Este projeto tem como objetivo desenvolver ferramentas gráficas interativas para o ambiente LuaSpace. As ferramentas devem oferecer um ambiente gráfico para permitir desenvolvimento de aplicações, inspeção em repositórios CORBA, seleção dinâmica de componentes CORBA e configuração de funções e atributos de segurança dos componentes CORBA.
- **Integração de Ferramentas em um Ambiente para Desenvolvimento de Aplicações Distribuídas Baseadas em Componentes:** Este projeto visa integrar ferramentas ao ambiente LuaSpace para que este ambiente possa dar um melhor suporte ao desenvolvimento de aplicações distribuídas formadas por componentes CORBA.

Nesses projetos a instituição utiliza soluções de cluster para prover processamento distribuído. Os principais argumentos do Departamento de Informática e Ciência Aplicada (Dinap) da UFRN sobre a adoção, análise ou aplicação da tecnologia de Grids seriam que,

4. Aplicações de Grids Computacionais no Rio Grande do Norte

4.1. Em Instituições de Ensino Superior

Com a análise dos dados obtidos através de uma pesquisa realizada nas principais instituições de ensino superior (FARN, UFRN, UNP) da cidade de Natal. Constatou-se que as três instituições pesquisadas tem interesse na aplicação de nova tecnologia para processamento paralelo e distribuído, porém apenas a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) tem projetos que utilizam processamento paralelo e sistemas distribuídos, porém não se constatou nenhuma aplicação que enfoque a tecnologia de Grids, os projetos desenvolvidos pela UFRN na área de processamento paralelo e distribuídos são:

- **SegOrb - Segurança de Aplicações Distribuídas Dinâmicas baseadas em CORBA:** O projeto visa facilitar o uso do serviço de segurança de CORBA, oferecer estratégias simples de consulta e visualização dos aspectos de segurança das aplicações, comparar os serviços de segurança de diversos *middlewares* de forma a propor extensões ao serviço de segurança de CORBA e usar programação orientada a aspectos de forma a promover o reuso de componentes em diferentes contextos.
- **LuaSpace Plus – Um Ambiente para Desenvolvimento de Aplicações Distribuídas:** Este projeto tem como objetivo desenvolver ferramentas gráficas interativas para o ambiente LuaSpace. As ferramentas devem oferecer um ambiente gráfico para permitir desenvolvimento de aplicações, inspeção em repositórios CORBA, seleção dinâmica de componentes CORBA e configuração de funções e atributos de segurança dos componentes CORBA.
- **Integração de Ferramentas em um Ambiente para Desenvolvimento de Aplicações Distribuídas Baseadas em Componentes:** Este projeto visa integrar ferramentas ao ambiente LuaSpace para que este ambiente possa dar um melhor suporte ao desenvolvimento de aplicações distribuídas formadas por componentes CORBA.

Nesses projetos a instituição utiliza soluções de *cluster* para prover processamento distribuído. Os principais argumentos do Departamento de Informática e Ciência Aplicada (Dimap) da UFRN sobre a adoção, análise ou aceitação da tecnologia de Grids seriam que,

apesar das vantagens significativas de comunicação mais efetiva, menos ociosidade, maior aproveitamento dos recursos e maior velocidade de processamento. O fato de não se existir um software para roteamento e controle do grid, o faz ser visto como uma alternativa não viável na utilização das necessidades de processamento pela instituição.

Porém ficou evidente que a UFRN em próximos anos realiza-rá estudos sobre grids, seguindo os passos de outras universidades do país como a UFCG, UFRS, USP, entre outras.

Em geral as instituições alegaram que apesar dos investimentos em desenvolvimento e aperfeiçoamento de suas aplicações distribuídas (provedor, site, portal), surge à necessidade de maior poder computacional para atender principalmente as necessidades de pico e demanda de usuários (alunos, funcionários) da instituição. E pretendem como investimento futuro, desenvolver estudos, análises e aplicação de alternativas que possam respaldar essa necessidade de processamento.

4.2. Em Empresas de Computação e Suprimentos

Em pesquisa realizada nas principais lojas de vendas de equipamentos e suprimentos de informática (Miranda Computação e Work Informática). Foi constatado que, as aplicações utilizadas no controle de estoque, entrega de mercadoria, solicitação de pedidos e compra de produtos, suprem as necessidades diárias de execução das tarefas de praxe pelas empresas. Porém, ficou evidente por parte das empresas o interesse por alternativas que possam trazer maior poder de processamento, de forma a agilizar todos os processos administrativos (estoque, vendas, pedidos, compras, etc).

No que diz respeito a oferta por hardware para aplicação de alternativas de processamento distribuído, como é o caso do grid, verificou-se que as duas empresas tem suporte e atendem satisfatoriamente as necessidades de aquisição de equipamentos, o que já se sobressai como mais uma vantagem da aplicação de grids, já que a sua arquitetura de implementação utiliza hardware simples.

4.3. Comparativo Grid X Cluster

As tabelas abaixo listam o custo de equipamentos de hardware para a implementação de um grid simples e uma aplicação de cluster, ambos voltados para a aplicação de uma empresa com necessidades de programação específicas:

Equipamento	Quantidade	Custo
Computador Pentium III 500 Mgz	4	R\$ 4.880,00
Placas de rede 100 Mbits	13	R\$ 2.860,00
Cabos de Rede	10	R\$ 50,00
TOTAL		R\$ 7.790,00

TABELA 1: Hardware para um Grid Simples

Equipamento	Quantidade	Custo
Computador Pentium III 500 Mgz	4	R\$ 4.880,00
Placas de rede 100 Mbits	13	R\$ 2.860,00
Cabos de Rede	10	R\$ 50,00
Sitch	1	R\$ 1.269,00
TOTAL		R\$ 9.019,00

TABELA 2: Hardware para um Cluster Simples

Financeiramente os custos para a aplicação tanto de um cluster como de um grid, são relativamente iguais, já que para um grid funcionar precisa-se implantar o software compatível a essa plataforma, e como dito antes, este vem como o principal obstáculo e utilização de grids. Porém, pode-se afirmar que grids se sobrepõe dentre vários fatores a implementação de um cluster pela robustez e alto nível de processamento capaz de atender todas as necessidades de agilidade, ganho de tempo e economia, nas atividades rotineiras realizadas por empresas que especialmente em estados de pico, necessitam de uma alternativa que possam suprir maior poder computacional. O que justifica a utilização de grids é que é mais viável para usuários implementarem tecnologias que possam oferecer mais poder de processamento com relativos custos de implementação.

5. CONCLUSÃO

Computação em Grid é uma área recente e extremamente dinâmica. Grande parte do interesse em Computação em Grid advém do potencial de atingir níveis de paralelismo inimagináveis em outras plataformas de execução de aplicações paralelas (cluster). Tais níveis de paralelismo podem se traduzir em tanto mais performance para aplicações existentes, quanto também a possibilidade de executar aplicações inteiramente novas, com gigantescos requisitos de computação e armazenamento. Além de grande avanço técnico para a área de Processamento de Alto Desempenho (PAD), grid também é muito interessante no que diz respeito à convergência entre tecnologias de PAD e computação empresarial. Por exemplo, Globus está sendo atualmente desenvolvido com o apoio da IBM e se baseia fundamentalmente em Web Services (Sites de Serviço), uma tecnologia concebida para uso empresarial. Isto mostra o interesse dos desenvolvedores Globus de utilizar as soluções desenvolvidas para Grids em contexto mais amplos que PAD, como também o interesse da indústria (IBM) de utilizar tecnologia Grid em computação empresarial.

Como não poderia ser diferente além das questões de pesquisa a serem resolvidas para tornar realidade a visão de grids, tanto no cenário mundial quando na aceitação e aplicação dessa tecnologia aqui no estado, mais especificamente em empresas de pequeno e médio porte, como objetivo deste trabalho, há também muito trabalho a ser feito na área de padronização, pesquisa e desenvolvimento de softwares que possam absorver essa tecnologia, sendo que este é o maior problema para a aceitação definitiva de grids no mercado empresarial. Ainda há muito a se fazer para que o grande potencial do uso de Grids para aplicações massivas em dados seja efetivamente colocado em produção.

Os sistemas de computação em grid representam um avanço nos métodos de integração de recursos computacionais. Se tais sistemas forem difundidos e adotados em grande escala, poderão representar uma extensão da fronteira do que é possível realizar hoje em computação. Paralelamente a isso, diversas ciências desenvolverão, uma vez que os grandes desafios científicos da atualidade demandam o uso intensivo de computadores.

Realmente o sistema em grid está crescendo e, cada vez mais sendo visado por empresas que sabem as vantagens que podem ser conseguidas com tal infraestrutura. Porém as restrições a análise, aceitação e conhecimento das empresas sobre todas as vantagens que o grid pode trazer para elas, em níveis elevados de computação distribuída é significativa.

Porém, com o caminhar dos tempos e todos os benefícios que grids podem ofertar para o mercado empresarial a popularização se fará realizada, e a aceitação dessa infraestrutura será

evidente, principalmente pelas vantagens que trás em níveis de computação mais elevada, menos ociosidade das máquinas, maior aproveitamento dos recursos (processamento, memória, armazenamento, comunicação entre os processos, etc) e maior velocidade no processamento.

Neste trabalho foi apresentado um estudo das aplicações e considerações sobre a arquitetura de grids computacionais. A fim, de se analisar e convencer que o objeto de estudo (grids) pode acrescentar ao cenário (empresas de pequeno e médio porte Natal-RN) destacado nesse segmento, de modo a ressaltar essas características qualitativas da aplicação dessa tecnologia.

Como trabalhos futuros destacam-se o desejo de investimentos na área de desenvolvimento e aplicação desta arquitetura, de forma a mostrar que o uso da estrutura de grids podem e muito acrescentar a capacidade de produção de empresas que necessitem de compartilhamento de recursos (computação distribuída). E que as aplicações em grids saiam das comunidades acadêmicas e insiram-se no mercado como uma ferramenta importantíssima em demanda por maior processamento e baixo custo.

BOB, Evans. IBM Prevê Impactos da GRID Computing. Revista Itweb. Disponível em < www.itweb.com.br/noticias/artigo.asp?id=47159 >. Acesso em 18 de mar. 2004.

BUENO, André. Introdução ao Processamento Paralelo e ao Uso de Clusters e Workstation em Sistemas GNU/LINUX. Laboratório de Medos Paresos e Propriedades Termofísicas. Universidade Federal de Santa Catarina - SC. Disponível em < www.lmp.ufsc.br >. Acessado em 22 de jul. de 2004.

CIRNE, Walfredo et al. Ourgrid. Laboratório de Sistemas Distribuídos. Departamento de Ciência da Computação. Universidade Federal de Campina Grande - PB. Disponível em < www.ourgrid.gov >. Acesso em 20 abr. 2004.

CIRNE, Walfredo. Grids Computacionais: Arquitetura, Tecnologias e Aplicações. Departamento de Sistemas e Computação. Universidade Federal de Campina Grande - PB. Disponível em < www.walfredo.dsc.ufcg.edu.br/papers/Grids%20Computacionais-%20WSCAD.pdf >. Acesso em 16 mar. 2004.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOB, Evans. GRID Computing é Aposta a Longo Prazo pra Oracle. **Revista Itweb**. Disponível em < www.itweb.com.br/noticias/keyword.asp?key=Grid%20computing >. Acesso em 18 de mar. 2004.

BOB, Evans. Grid: não dá pra ignorar. **Revista Informationweek**. Disponível em < www.informationweek.com.br/noticias/artigo.asp?id=45897 >. Acesso em 18 de mar. 2004.

BOB, Evans. IBM Ciência está a Alguns Anos do Grid Elétrico. **Revista Itweb**. Disponível em < www.itweb.com.br/noticias/artigo.asp?id=43373 >. Acesso em 18 de mar. 2004.

BOB, Evans. IBM Oferece Serviços para GRID. **Revista Itweb**. Disponível em < www.itweb.com.br/noticias/artigo.asp?id=45578 >. Acesso em 18 de mar. 2004.

BOB, Evans. IBM Prevê Impactos da GRID Computing. **Revista Itweb**. Disponível em < www.itweb.com.br/noticias/artigo.asp?id=47159 >. Acesso em 18 de mar. 2004.

BUENO, André. Introdução ao Processamento Paralelo e ao Uso de Clusters e Workstation em Sistemas GNU/LINUX. **Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas**. Universidade Federal de Santa Catarina – SC. Disponível em < www.lmtp.ufsc.br >. Acessado em 22 de jul. de 2004.

CIRNE, Walfredo et al. Ourgrid. Laboratório de Sistemas Distribuídos. **Departamento de Ciência da Computação**. Universidade Federal de Campina Grande - PB. Disponível em < www.ourgrid.gov >. Acesso em 20 abr. 2004.

CIRNE, Walfredo. Grids Computacionais: Arquitetura, Tecnologias e Aplicações. **Departamento de Sistemas e Computação**. Universidade Federal de Campina Grande – PB. Disponível em < www.walfredo.dsc.ufcg.edu.br/papers/Grids%20Computacionais-%20WSCAD.pdf >. Acesso em 16 mar. 2004.

ROBISON, Shane. Chief Strategy e Technology officer da HP. Disponível em < www.hp.pt/hplago/newsroom/press/0310/031023.html >. Acessado em 17 de mar. 2004.

DIAS, Tomás. Conceitos sobre Computação Paralela. **Departamento de Ciência da Computação**. Faculdade de Ciência da Computação – UNIFENAS – MG. Disponível em < www.unifenas.br/pesquisa/isemic/comp9.htm >. Acesso em 02 de jun. 2004.

GEYER, Cláudio et al. AccessGrid. **Institut of Informatics – CS**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - RS. Disponível em < www.accessgrid.org/community/nodes/nodes-brazil.html >. Acesso em 05 de mai. 2004.

GOLDCHLEGER, Andrei et al. InteGrade: Rumo a um Sistema de Computação em Grid para Aproveitamento de Recursos Ociosos em Máquinas Compartilhadas. **Departamento de Ciência da Computação**. Universidade de São Paulo - SP. Disponível em < www.impe.usp.br/~andgold/research/rt-integrate.pdf >. Acesso em 21 de mar. 2004.

GOULART, Abemir. Sistemas Distribuídos e Comunicação em Grupo. **Departamento de Ciência da Computação**. Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALE – SP. Disponível em < www.din.uem.br/~cfmoro/download/APOSTILA_AdemirGoulart_SD_CGv10.PDF >. Acessado em 15 de nov. de 2004.

KYRIN, Jennifer. Oracle Traz Discurso Pró-grid Computing e Linux. **Revista Linuxstaff**. Disponível em < www.linuxstaff.org/archives/2003_11.shtml >. Acesso em 17 de mar. 2004.

LACERDA, Wilian Soares, Arquitetura de Computadores COM 112. **Departamento de Ciência da Computação**. Universidade Federal de Lavras – ES. Disponível em < www.ufla.dcc.com.br >. Acessado em 22 de jul. de 2004.

NEISSE, Ricardo Almeida; ALMEIDA, Maria Janilce Bosquioli. Gerenciamento Integrado de Grids Computacionais. **Monografia (Engenharia da computação)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - RS. Disponível em < www.inf.ufrgs.br/pos/ppgc/semanacademica/artigos2003/1304.pdf >. Acesso em 15 mar. 2004.

ROBISON, Shane. **Chief Strategy e Technonoly officer da HP**. Disponível em < www.hp.pt/hpingo/newsroom/press/0310/031023.html >. Acessado em 17 de mar. 2004.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

TANENBAUM, Andrew S. **Sistemas Operacionais Modernos**. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

ANILDO, Ricardo. "Computação Distribuída. Universidade de Campinas - SP. Disponível em < <http://www.ic.unicamp.br/~tanido/tac964/pdf/Aula1.pdf> >. Acessado em 22 de jul. de 2004.

FERREIRA, Eduardo Charles. Grades Computacionais. Instituto Nacional de Ciência da Computação. Brasília - DF. Disponível em < virtual.lince.br/coinccid/Documentos/SummerProgram/IntroConstGradesLNCC-1-2.pdf >. Acesso em 15 de mar. De 2004.

FERREIRA, Virgílio José Martins. MPI: Uma Ferramenta Para Aplicação Paralela. Departamento de Engenharia Industrial. Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ. Disponível em < www.pcp.ufrj.br >. Acessado em 20 de nov. de 2004.

GRANJA, Rodrigo Souza. Infra-Estrutura para Aplicações Distribuídas - Middleware Reflexivo. Instituto de Matemática e Estatística. Universidade Estadual do Rio de Janeiro - RJ. Disponível em < http://www.sr2.uerj.br/dearf/semin13/resumos/ciencia_computacao.pdf >. Acessado em 22 de jul. de 2004.

NASCIMENTO, Luiz Thomaz; FERREIRA, Renato. Escalonamento de Aplicações de Fluxo de Dados em Grid. Departamento de Ciência da Computação. Universidade Federal de Minas Gerais - MG. Disponível em < <http://www.dcc.ufmg.br/pos/html/spg2003/anaais/luizthomas.pdf> > Acesso em 15 de mar. 2004.

PITANGA, Marcos. Computação em Grade - Uma Visão Introdutória. Clube do Hardware. Disponível em < <http://www.clubedohardware.com.br/grid-2.html> >. Acessado em 22 de mai. De 2004.

RIBEIRO, Celso Carneiro; RODRIGUEZ, Noemi. Otimização e Processamento Paralelo de Alto Desempenho. Departamento de Informática. Universidade Pontifícia Católica - PUC - RJ. Artigo 05 de abr. de 2004.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

SILVA, Daniel Paranhos. Um Escalonador de Tarefas para Aplicações Pag-of-Tasks. **Universidade de Campinas – SP**. Disponível em < <http://www.ic.unicamp.br/~ranido/mc964/pdf/Aula1.pdf> >. Acessado em 22 de jul. de 2004.

FERREIRA, Eduardo Charles. Grades Computacionais. **Instituto Nacional de Ciência da Computação**. Brasília – DF. Disponível em < virtual.lncc.br/comcidis/Documents/SummerProgram/IntroConstGradesLNCC-1-2.pdf >. Acesso em 15 de mar. De 2004.

FERREIRA, Virgílio José Martins. MPI: Uma Ferramenta Para Aplicação Paralela. **Departamento de Engenharia Industrial**. Universidade Federal do Rio de Janeiro – RJ. Disponível em < www.pep.ufrj.br >. Acessado em 20 de nov. de 2004.

GRANJA, Rodrigo Souza. Infra-Estrutura para Aplicações Distribuídas – Middleware Reflexivo. **Instituto de Matemática e Estatística**. Universidade Estadual do Rio de Janeiro – RJ. Disponível em < http://www.sr2.uerj.br/dcarh/semic13/resumos/ciencia_computacao.pdf >. Acessado em 22 de jul. de 2004.

NASCIMENTO, Luiz Thomaz; FERREIRA, Renato. Escalonamento de Aplicações de Fluxo de Dados em Grid. **Departamento de Ciência da Computação**. Universidade Federal de Minas Gerais – MG. Disponível em < <http://www.dcc.ufmg.br/pos/html/spg2003/anais/luizthomas.pdf> > Acesso em 15 de mar. 2004.

PITANGA, Marcos. Computação em Grade - Uma Visão Introdutória. **Clube do Hardware**. Disponível em < <http://www.clubedohardware.com.br/grid-2.html> >. Acessado em 22 de mai. De 2004.

RIBEIRO, Celso Carneiro; RODRIGUEZ, Noemi. Otimização e Processamento Paralelo de Alto Desempenho. **Departamento de Informática**. Universidade Pontifícia Católica – PUC – RJ. Artigo 05 de abr. de 2004.

SILVA, Daniel Paranhos. Um Escalonador de Tarefas para Aplicações Bag-of-Tasks em Grids. **Universidade Federal de Campina Grande – PB**. Disponível em < <http://www.dsc.ufcg.edu.br/~copin/eventos/IWDCOPIN/apresentacoes/Daniel.pdf> >. Acessado em 30 de jul. de 2004.

* Instituições Educacionais:

- 1°. Existe algum projeto ou software que utilize processamento paralelo? Se existe, qual? E como ele funciona?
- 2°. Existe alguma aplicação que necessite de um grande poder computacional, porém com limitações de recursos? Se existe, qual? E como ela funciona?
- 3°. Qual o desenvolvimento que a instituição tem na área de Sistemas Distribuídos?
- 4°. Qual o hardware utilizado na maioria das aplicações em Computação Paralela ou Sistemas Distribuídos?
- 5°. Ultimamente as aplicações disponíveis no site da instituição supõem satisfatoriamente as necessidades de usabilidade dos usuários?
- 6°. O Provedor da instituição suporia as necessidades de todas as aplicações realizadas por seus usuários de forma satisfatória? Caso contrário, existe algum projeto para a aquisição de poder computacional? Se sim, qual?
- 7°. Se a instituição obtivesse a possibilidade de adquirir um poder computacional maior do que o atual a um baixo custo. Que áreas poderiam ser exploradas?
- 8°. A instituição tem algum interesse ou investe no estudo, desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias na área de sistemas distribuídos e processamento paralelo?

* Lojas de Vendas de Equipamentos de Informática:

- 1°. Quais os perfis de máquina que vocês trabalham (configuração básica, processadores)?
- 2°. Qual o perfil de máquina (configuração básica) com maior demanda de pedidos e vendas?
- 3°. Quais processadores com maior demanda de pedidos e vendas?
- 4°. Existe alguma Tecnologia da Informação aplicada no controle de estoque, entrega de mercadoria, solicitação de pedidos e compra de produtos? Se existe, qual?
- 5°. Ultimamente as aplicações utilizadas na execução das atividades diárias (vendas, pedidos, compras, controle de estoque, etc), supõem satisfatoriamente as necessidades de usabilidade dos usuários?

**LIGA DO ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO
DO RIO GRANDE DO NORTE**

**Questionário para pesquisa sobre as aplicações de Grids
em empresas de pequeno e médio porte.**

***Instituições Educacionais:**

- 1°. Existe algum projeto ou software que utilize processamento paralelo? Se existe, qual? E como ele funciona?
- 2°. Existe alguma aplicação que necessite de um grande poder computacional, porém com limitações de recursos? Se existe, qual? E como ela funciona?
- 3°. Qual o desenvolvimento que a instituição tem na área de Sistemas Distribuídos?
- 4°. Qual o hardware utilizado na maioria das aplicações em Computação Paralela ou Sistemas Distribuídos?
- 5°. Ultimamente as aplicações disponíveis no site da instituição suprem satisfatoriamente as necessidades de usabilidade dos usuários?
- 6°. O Provedor da instituição suporta as necessidades de todas as aplicações realizadas por seus usuários de forma satisfatória? Caso Contrário, existe algum projeto para a aquisição de poder computacional? Se sim, qual?
- 7°. Se a instituição obtivesse a possibilidade de adquirir um poder computacional maior do que o atual á um baixo custo. Que áreas poderiam ser exploradas?
- 8°. A instituição tem algum interesse ou investe no estudo, desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias na área de sistemas distribuídos e processamento paralelo?

*** Lojas de Vendas de Equipamentos de Informática:**

- 1°. Quais os perfis de máquina que vocês trabalham (configuração básica, processadores)?
- 2°. Qual o perfil de máquina (configuração básica) com maior demanda de pedidos e vendas?
- 3°. Quais processadores com maior demanda de pedidos e vendas?
- 4°. Existe alguma Tecnologia da Informação aplicada no controle de estoque, entrega de mercadoria, solicitação de pedidos e compra de produtos? Se existe, qual?
- 5°. Ultimamente as aplicações utilizadas na execução das atividades diárias (vendas, pedidos, compras, controle de estoque, etc), suprem satisfatoriamente as necessidades de usabilidade dos usuários?

6°. Existe alguma atividade que não possa ser executada por falta de poder computacional?

7°. Se a instituição obtivesse a possibilidade de adquirir um poder computacional maior do que o atual á um baixo custo. Que áreas poderiam ser exploradas?

*** Lojas de Departamento:**

1°. Quais os perfis de máquina que vocês trabalham (configuração básica, processadores)?

2°. Qual o perfil de máquina (configuração básica) com maior demanda de pedidos e vendas?

3°. Quais processadores com maior demanda de pedidos e vendas?

4°. Existe alguma Tecnologia da Informação aplicada no controle de estoque, entrega de mercadoria, solicitação de pedidos e compra de produtos? Se existe, qual?

5°. Ultimamente as aplicações utilizadas na execução das atividades diárias (vendas, pedidos, compras, controle de estoque, etc), suprem satisfatoriamente as necessidade de usabilidade dos usuários?

6°. Existe alguma atividade que não possa ser executada por falta de poder computacional?

7°. Se a instituição obtivesse a possibilidade de adquirir um poder computacional maior do que o atual á um baixo custo. Que áreas poderiam ser exploradas?