

ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS DISTRIBUÍDOS: CLUSTER, COMPUTAÇÃO EM GRID E CLOUD COMPUTING

COMPARATIVE ANALYSIS OF DISTRIBUTED SYSTEMS: CLUSTER, GRID AND CLOUD COMPUTING

Gabriel Bazo*
Alessandro Firmiano**

Resumo

A crescente necessidade para manipulação de uma grande quantidade de dados e de processos, aliado à necessidade de um grande desempenho na solução de problemas complexos trouxeram, nas últimas décadas, um grande crescimento na busca de ambientes e meios digitais que combinem o poder de processamento de vários computadores. Com isso, surgem os conceitos de Cluster, de computação em Grid e de Cloud Computing, como sendo arquiteturas de processamento em alto desempenho e solução de baixo custo em comparação ao uso de supercomputadores. Esse trabalho apresenta os ambientes separadamente, expondo suas características, funcionalidades e conceitos, e ainda, apresenta uma comparação entre as três plataformas, visando a mútua exposição das semelhanças e das diferenças, seguidas de vantagens e de desvantagens que cada sistema distribuído pode apresentar.

Palavras-chave: Arquiteturas computacionais. Redes de alta velocidade. Plataformas digitais. Alto desempenho de Rede remota.

Abstract

The growing need for handling large amounts of data and processes, coupled with the need for a big performance in solving complex problems brought in recent decades, a large growth in the pursuit of digital media and environments that combine the processing power of multiple computers. Thus, arise the concepts of Cluster, Grid and Cloud Computing, as processing architectures for high performance and low cost solution compared to using supercomputers. This paper presents the environments separately, exposing its features, functionality and concepts, and also presents a comparison between the three platforms, aiming at mutual exposure of similarities and differences, followed by the advantages and disadvantages of each distributed system.

Keywords: Computational architectures. High-speed networks. Digital platforms. High-performance of remote Network.

* Bolsista do Programa de Iniciação Científica da FATECE-Pirassununga/SP. bazot3@hotmail.com

** Docente na Academia da Força Aérea AFA-Pirassununga/SP. lezandro@sc.usp.br

Introdução

A utilização de ambientes de processamento de alto desempenho possui, como objetivo principal, a subdivisão de uma enorme tarefa computacional em partes menores, tais que possam ser facilmente resolvida somando os seus vários computadores concorrentes. Um exemplo desta aplicação encontra-se em várias áreas do conhecimento, tais como astronomia, meteorologia, engenharia genética, que necessitam largamente desses sistemas distribuídos para realizar os vários cálculos complexos para suas medições, previsões e experimentos. E ainda, esses sistemas possibilitam um compartilhamento de recursos alocados quando distribuídos de forma geograficamente heterogênea e eficientemente controlada (CASAVANT; KUHL, 1988).

Uma plataforma Cluster é definida como um ambiente de computação paralela composta por um conjunto de computadores, chamados de nós e interligados em uma rede LAN¹ de alto desempenho. Os nós colaboram entre si para alcançar um determinado objetivo comum. A computação em Grid segue como uma infraestrutura de software capaz de interligar e gerir diversos recursos de processamento e de armazenamento, distribuídos em uma extensa área geográfica (ASSUNÇÃO et al, 2003). O seu objetivo é o uso de estações de trabalho comuns, com possíveis arquiteturas heterogêneas. A tecnologia conhecida por Cloud Computing vai além do poder de processamento ou divisão de recursos, pois, neste ambiente, o usuário precisa apenas dos recursos básicos para acessar programas e dados computacionais armazenados nas centrais de processamentos.

Neste trabalho, é apresentado duas comparações entre os ambientes: uma entre a plataforma Cluster e a computação em Grid, e outra entre o Grid e o Cloud Computing. O objetivo nessas contraposições é a identificação das principais características de cada arquitetura, seguidas das respectivas vantagens e desvantagens.

1 Arquitetura Cluster

Em sua forma primária, um Cluster é um ambiente que compreende dois ou mais computadores ou sistemas (chamados nós) que trabalham juntos para executar grandes aplicações ou realizar tarefas específicas, criando a impressão de recurso único. Segundo Buyya (1999), o Cluster é um tipo de sistema para processamento paralelo e distribuído que foca em um conjunto de computadores interconectados e trabalhando juntos como um único recurso integrado. Assim, com esse conjunto de computadores, torna-se possível realizar

¹ Acrônimo de *Local Area Network*.

processamentos equivalentes aos dos supercomputadores de alto desempenho. A ideia deste tipo de arquitetura surgiu em 1960, quando a IBM interligou seus *mainframes*² e percebeu um grande ganho de processamento através do paralelismo. Mais tarde, em 1980, o avanço tecnológico trouxe novidades aos Clusters, entre elas, as redes de alta velocidade, os computadores com maior poder de processamento e as ferramentas padronizadas para computação distribuída de alto desempenho. Em 1993, Donald Becker e Thomas Sterling, deram início num projeto para construção de um grande sistema de processamento distribuído com computadores normais. Esse projeto foi pensado em gerar um sistema de grande capacidade de processamento, mas com baixo custo de implantação, ou seja, uma solução para a crescente procura de grande poder computacional e uma alternativa aos dispendiosos supercomputadores com o uso de hardware convencional.

Dentre os vários tipos de Cluster, citam-se: Cluster de alto desempenho, Cluster de alta disponibilidade e Cluster para balanceamento de carga (PITANGA, 2003). A figura 1 apresenta um exemplo geral de uma arquitetura baseada em Cluster (VIEIRA, 2004).

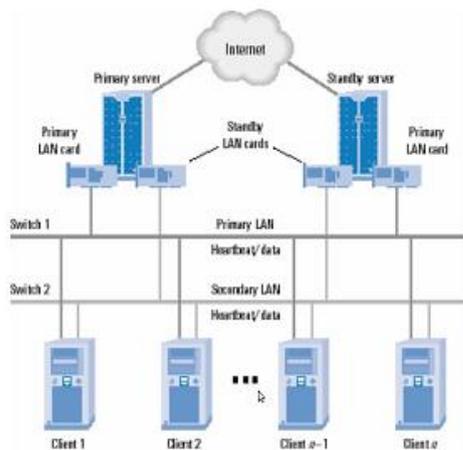


Figura 1 - Exemplo de uma arquitetura de Cluster
Fonte: Ambientes de Cluster e Grids Computacionais

Vários pesquisadores, empresas comerciais, a indústria cinematográfica e outras organizações utilizam esta arquitetura para incrementar tanto a escalabilidade, quanto o gerenciamento de recursos com uma disponibilidade ou processamento em nível de um supercomputador a custo acessível (COLVERO et al, 2005).

Em relação à segurança, um ambiente Cluster é visto de forma simples e quase sem necessidade de ser aplicada, pois, sua arquitetura é formada por um conjunto de computadores interligados por rede local LAN.

² Computador de grande porte dedicado ao processamento de um volume grande de informações.

2 A computação em Grid

O avanço da Internet, o aumento da disponibilidade de computadores com maior poder de processamento e as redes de alta velocidade com baixo custo modificam constantemente o cenário da computação (PRADIER, 2005). Esses elementos possibilitam a utilização de redes de computadores como se fosse um recurso único, pois, é possível agrupar variados computadores, seus sistemas de memória, as fontes de dados e equipamentos especializados, formando uma arquitetura de computação em Grid (BAKER, 2005). Na figura 2 é ilustrado, de forma simplificada, como um Grid funciona. Suas várias estações de trabalhos conectadas entre si e conectadas a um servidor central controlam toda a distribuição de tarefas e processamento.

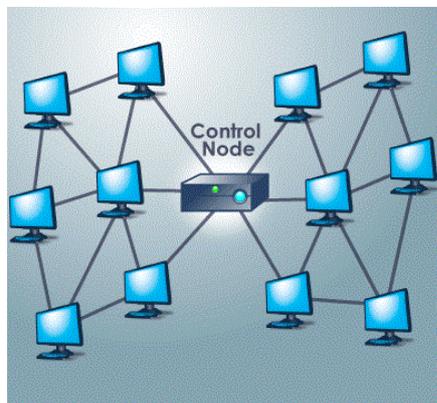


Figura 2 - Exemplo de Grid Computing
Fonte: How Stuff Works

Em 1998, a computação em Grid foi definida como sendo a infraestrutura de hardware e software que disponibiliza acesso à capacidade computacional de forma dependente, consistente e gratuita (FOSTER, 2004).

2.1 Características da computação em Grid

Com a integração dos recursos em diferentes estações de trabalho, em sistemas heterogêneos e geograficamente dispersos, a computação em Grid surge como uma alternativa mais econômica em relação aos Clusters. A administração dos recursos que compõe o Grid é realizada por um gerenciador global que, além de distribuir de forma igual os recursos, lida com os problemas comuns em ambientes de computação distribuída como: extensibilidade, formas de adaptação, autonomia do Grid, qualidade do serviço, escalabilidade³, instabilidade

³ Para maiores detalhes, consulte (REIS, 2005).

e privilégios de utilização. Em Berstis (2002), encontra-se uma classificação os ambientes Grids conforme a atividade principal que se destinam:

- **Grid Computacional:** sistema de alto poder de processamento que provê serviço de processamento em si próprio combinando o poder de cada máquina que compõe a grade.
- **Grid de Dados:** sistema que provê uma infraestrutura voltada especialmente para o armazenamento, gerenciamento e acesso a dados. Estes são distribuídos por vários conjuntos que fazem parte do Grid, os quais estão conectados por uma rede.
- **Grid de Serviços:** sistema que tem como foco principal promover uma infraestrutura que possibilite serviços sob demanda, permitindo uma maior colaboração entre instituições através do compartilhamento dos seus serviços e recursos.

De acordo com Conti (2009), é preciso observar que o desempenho disponibilizado às aplicações que fazem uso do ambiente de Grid poderá ficar sujeito a alguns fatores que podem reduzir sua capacidade de poder de processamento e armazenamento do ambiente em questão. Mesmo possuindo grandes benefícios a várias aplicações, ele possui algumas limitações em relação ao tipo de programa que este ambiente pode executar, pois nem toda aplicação pode ser paralelizada para ser executada em um Grid (BERSTIS, 2002). E ainda, um dos desafios de um serviço de execução remota em um Grid está relacionado com a segurança, pois estes problemas podem afetar não apenas o proprietário do recurso, como também o usuário da aplicação (CIRNE; NETO, 2005).

3 Cloud Computing

O Cloud Computing, ou computação na nuvem, é o modelo mais recente de sistema distribuído que permite ao usuário acessar uma grande quantidade de aplicações e serviços de qualquer lugar e independente da plataforma, bastando para isso, ter um terminal conectado à “nuvem” (PEDROSA; NOGUEIRA, 2011).

A expressão nuvem remete a ideia de um ambiente desconhecido, em que é possível ver apenas o seu início e o seu fim. Por este motivo essa nomenclatura foi muito bem usada para este novo ambiente, onde toda a infraestrutura e recursos computacionais ficam invisíveis. O usuário tem acesso apenas a uma simples interface que é disponibilizada na aplicação e no serviço. A nuvem pode ser representada pela internet, isto é, a infraestrutura de comunicação formada por uma grande quantidade de hardwares, softwares, interfaces, redes,

dispositivos tanto para controle, quanto para armazenamento, que em conjunto, permitem a entrega da computação como um serviço.

Para tornar o conceito de nuvem possível, é preciso unir todas as aplicações e dados de usuários em grandes centros de armazenamento, chamados de *data centers*. Uma vez unificados, a infraestrutura e as aplicações dos usuários são distribuídos na forma de serviços por meio da internet. Um ponto essencial para a compreensão deste modelo de computação refere-se aos participantes da nuvem, que são divididos em três grupos: provedor de serviço, desenvolvedor e usuário. O provedor fica responsável em gerenciar, disponibilizar e monitorar toda a infraestrutura da nuvem, garantindo a segurança e a qualidade das aplicações. O desenvolvedor prove serviços para o usuário. Finalmente, o usuário consome recursos oferecidos pela nuvem, conforme as possibilidades ilustradas na figura 3.

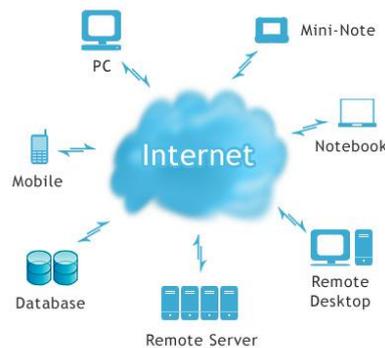


Figura 3 - Ambiente Cloud Computing
Fonte: Target Trust

Em linhas gerais, a computação em nuvem surge como um novo modelo de serviço preparado para fornecer processamento, infraestrutura e armazenamento de dados através da internet.

3.1 Características do Cloud Computing

Segundo Pedrosa e Nogueira (2011), as principais características para o funcionamento do Cloud Computing são:

- **Escalonamento** - a computação em nuvem envia ilusão de recursos computacionais infinitos para uso. Com isso, os usuários imaginam que a nuvem é capaz de fornecer rapidamente recursos em qualquer quantidade a qualquer instante. É esperado que recursos adicionais sejam providos automaticamente quando ocorrer o aumento da demanda, ou ainda no caso da diminuição da demanda. De forma resumida, escalonamento, é a forma com que a nuvem lida com o aumento ou a diminuição da necessidade de recursos.

- **Autoatendimento** - o usuário de serviços da computação em nuvem tem a expectativa de conseguir novos recursos de acordo com sua necessidade e de maneira instantânea. Para atender a esta expectativa, a nuvem computacional deve permitir o acesso em autoatendimento para que o usuário personalize, solicite e use os serviços desejados sem intervenção no ambiente.
- **Medição por uso** - uma vez que o usuário opte por utilizar a quantidade de recursos e serviços que julgar necessário, os serviços devem ter seu preço estabelecido com base no uso de baixa duração. Com isso, as nuvens implementam recursos que garantam um ágil comércio de serviços. Essa medição de uso dos recursos deve ser totalmente automática e de acordo com a forma e o tipo de serviço oferecido.
- **Acesso a rede e customização** - Os recursos devem estar disponíveis através da rede e permitir a utilização em plataformas heterogêneas, como computadores, celulares e outros. A customização refere-se a necessidade de personalização dos recursos da nuvem para cada usuário, desde serviços de infraestrutura até os serviços de software.

A computação em nuvem esta dividida em quatro classes, considerando o nível de abstração do recurso provido e do modelo de serviço do provedor: Infraestrutura como Serviço (*IaaS*); Plataforma como Serviço (*PaaS*); Software como Serviço (*SaaS*) e Banco de Dados como Serviço (*DaaS*).

3.2 Vantagens e desvantagens da Nuvem

Uma vantagem da computação em nuvem é o acesso aos dados e aplicações dos usuários de qualquer localização geográfica pela *web*, resultando em flexibilidade e mobilidade aos usuários. A confiabilidade dos serviços é constantemente avaliada, principalmente pela capacidade de manter os dados seguros através de mecanismos de criptografia, de um rigoroso controle de acesso e além das cópias de segurança.

A segurança é um problema enfrentado pela computação em nuvem pois, a informação antes armazenada localmente, irá localizar-se na nuvem em um local físico desconhecido.

Em relação à privacidade e consistência das informações, é visto que nuvens públicas possuem uma grande exposição a ataques. Para amenizar esse problema, exige-se uma criptografia dos dados e um sistema de gerenciamento para cópias de segurança.

A disponibilidade é uma das maiores apreensões do Cloud computing. Uma possível solução é ter mais de um prestador e, conseqüentemente, mais de uma nuvem. O que tornaria

possível deixar o usuário executar suas aplicações em outra nuvem, enquanto a primeira está fora do ar. Contudo, esta alternativa não é tão simples, pois, requer a interoperabilidade entre as nuvens (BARBOSA; CHARÃO, 2009)

Considerações Finais

As principais características que diferenciam o Cluster da computação em Grid estão associadas ao domínio, custos de implementação e manutenção, quantidade de nós, tipo dos problemas tratados por cada ambiente e também o sistema operacional usado por cada um. No Grid, é possível unir vários computadores de diferentes domínios espalhados por todo o mundo pela internet. Entretanto, em um Cluster, somente os computadores de um único domínio participam da computação. As duas arquiteturas se mostram bastante escaláveis, contudo o Grid de computadores, por ter milhões de máquinas, apresenta seu limite na quantidade que segue disponível na internet oferecendo a esse ambiente um poder de processamento superior ao do Cluster.

Na questão da segurança, em um Cluster, todos os computadores estão em um mesmo domínio interligados por uma rede LAN de alta velocidade, logo, não é necessário ter um sistema de segurança entre eles. A computação em Grid requer um nível maior de atenção, pois seus recursos trafegam constantemente pela internet. Na tabela 1 é apresentada uma comparação entre as principais características do ambiente Cluster com a computação em Grid.

Tabela 1: Diferenças entre ambiente Cluster e computação em Grid (Grade)

Característica	Cluster	Grade
Domínio	Único	Múltiplos
Nós	Milhares	Milhões
Segurança do Processamento e Recurso	Desnecessária	Necessária
Custo	Alto, pertencente a um único domínio	Alto, todavia dividido entre domínios
Granularidade do problema	Grande	Muito grande
Sistema Operacional	Homogêneo	Heterogêneo

Fonte: Computação de Alto Desempenho: Cluster e Grade

Na comparação entre Grid e Cloud Computing, é visto que ambas as arquiteturas possuem essencialmente a mesma estrutura ao identificar o padrão que cada ambiente usa para sua implementação.

Em relação ao modelo de computação e compartilhamento de recursos, é visto que a maioria dos Grids disponíveis utiliza a programação em *batch*, onde uma aplicação solicita

que um *job* seja realizado durante um tempo determinado com uma quantidade de recursos específicos, sendo assim, o Grid possibilita a seus usuários certo controle sob os recursos. Se acaso não houver recursos suficientes para aplicação do usuário, a aplicação ficará em uma fila aguardando para ser atendida.

Na nuvem, é visto que essa situação é bastante diferente, pois, a utilização de seus recursos parte da hipótese que os mesmos estão sempre disponíveis. Sendo assim, o usuário não possui acesso aos recursos propriamente ditos, mas somente a disponibilidade e a capacidade de processamento e armazenamento que os recursos podem proporcionar. E ainda, diferente do Grid, as aplicações para a nuvem não se preocupam em monitorar, gerenciar e escalar os recursos.

Outra diferença entre Grid e a nuvem é a simplicidade das interfaces através das quais os serviços da nuvem são disponibilizados para o usuário. A segurança usada por uma nuvem é bem mais simples se comparada com a de um Grid. Nestes são utilizados protocolos para autenticação e proteção das informações, enquanto que, na nuvem, é utilizado apenas um formulário *web* para cadastro. Logo, o nível de confiança do usuário que acessa o Grid é muito maior ao do usuário da nuvem.

Algumas características dos sistemas distribuídos discutidos neste trabalho seguem, resumidamente, confrontadas na tabela 2 abaixo, apresentando uma comparação conjunta dos três ambientes.

Tabela 2: Comparação dos três ambientes

Características	Cluster	Grid Computing	Cloud Computing
SISTEMA	Homogêneo	Heterogêneo	Heterogêneo
RECURSOS	Centralizado	Descentralizados	Descentralizados
LATÊNCIA	Baixa	Alta	Alta
TIPO DE CONEXÃO	Rede Local	Longa Distância	Longa Distância
SEGURANÇA	Baixa	Alta	Baixa
COMPARTILHAMENTO DE RECURSOS	Não possui	Possui	Possui

Fonte: Caracterização dos ambientes: Cluster, Grid e Cloud Computing

Dessa forma, são caracterizadas importantes semelhanças e diferenças entre os ambientes: Cluster, computação em Grid e Cloud Computing. No entanto, é fundamental ressaltar que não há como definir qual é o melhor ambiente para uso, pois, cada um deles estará voltado para um determinado uso computacional específico.

Referências

- ASSUNÇÃO, M. D.; WESTPHALL, C. B.; KOCH, F. L. **Arquitetura de grids de agentes aplicada à gerência de redes de computadores e telecomunicações**. Florianópolis, 2003. Disponível em: <<http://www.fernandokoch.me/docs/publications/Assuncao2003-sbrc.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2012.
- BARBOSA, F. P; CHARÃO, A. S. **Grid Computing e Cloud Computing** – uma relação de diferenças, semelhanças, aplicabilidade e possibilidades de cooperação entre os dois paradigmas. In: SEMINÁRIOS DE ARQUITETURA DE SISTEMAS DE ALTO DESEMPENHO, Santa Maria, 2009.
- BAKER, M; BUYYA, R; LAFORENZA, D. **The Grid: International Efforts in Global Computing**. 2005. Disponível em: <<http://www.cs.mu.oz.au/~raj/papers/TheGrid.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2012.
- BERSTIS, V. **Fundamentals of Grid Computing**. Relatório técnico, IBM. 2002. Disponível em: <<http://www.redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp3613.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2012.
- BUYYA, R. High Performance Cluster Computing: architectures and systems. **Prentice Hall**, v. 1, 1999. Disponível em: <<http://cloudbus.cis.unimelb.edu.au/~raj/cluster/v1toc.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2012.
- CIRNE, W.; NETO, E. S. **Grids Computacionais: da computação de Alto Desempenho a serviços sob demanda**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS, 25, 2007. Campina Grande, 2007.
- CASAVANT, T. L.; KUHL, J. G. **A Taxonomy of Scheduling in General-Purpose Distributed Computing Systems**. IEEE Transactions on Software Engineering, 1988.
- COLVERO, T. A; DANTAS, M. A. R; CUNHA, D. P. **Ambientes de Clusters Grids Computacionais: características, facilidades e desafios**. In: CONGRESSO SUL CATARINENSE DE COMPUTAÇÃO, 1, 2005. Criciúma, 2005.
- CONTI, F. **Grades Computacionais para processamento de Alto Desempenho**. In: SEMINÁRIO SOBRE ARQUITETURAS DE SISTEMAS DE ALTO DESEMPENHO, Santa Maria, 2009.
- FOSTER, I; KESSELMAN, C. **The Grid: blueprint for a new computing infrastructure**. 2 ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2004.
- PITANGA, M. **Computação em Cluster**. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.clubedohardware.com.br/artigos/153>>. Acesso em: 20 out. 2012.
- PEDROSA, P. H. C; NOGUEIRA, T. **Computação em Nuvem**. 2011. Disponível em: <<http://www.ic.unicamp.br/~ducatte/mo401/1s2011/T2/Artigos/G04-095352-120531-t2.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2012.

PRADIER, A. **Serviços web em ambiente de computação em grade.** 2005. 48 p.
Monografia (Especialização em Desenvolvimento, Segurança e Qualidade na Internet) –
Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

REIS, V. Q. D. **Escalonamento em grids computacionais:** estudo de caso. 2005. 94 p.
Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Instituto de Ciências Matemáticas e de
Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005. Disponível em:
<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-18092006-115903>>. Acesso em: 11
set. 2012.

VIEIRA, C. C. A. **Computação de alto desempenho:** cluster e grade. Campo Grande, 2004.
Disponível em: <[http://www.ic.unicamp.br/~rodolfo/Cursos/mo401/2s2009/t2/098361-
A.pdf](http://www.ic.unicamp.br/~rodolfo/Cursos/mo401/2s2009/t2/098361-A.pdf)>. Acesso em: 11 set. 2012.