

Aperfeiçoando a Gerência de Recursos para Nuvens Verdes

Werner, Jorge; Geronimo, Guilherme Arthur; Westphall, Carlos Becker; Koch, Fernando Luiz; Westphall, Carla Merkle; Freitas, Rafael Rodrigues de; Fabrin, Amanda

¹Laboratório de Redes e Gerência
Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal 476 – 88.040-900 – Florianópolis – SC – Brasil
{jorge,arthur,westphal,koch,carla,rrf,amanda}@lrg.ufsc.br

Resumo - Nuvens verdes fornecem uma infra-estrutura que combina flexibilidade, garantia de qualidade de serviços e otimização do uso da energia. Para atingir estes objetivos, a solução de gerenciamento deve fazer ajustes internos, resolvendo problemas relacionados com a necessidade de atender a demanda de pico. Neste contexto, propomos uma solução integrada para gerência de recursos com base em modelos organizacionais de componentes autônomos. Estes componentes controlam os processos e ambientes, tais como prestadores de serviços, servidores, processamento, distribuição, serviços de carga, redução de temperatura, acordos de nível de serviço e uso de energia máxima. Este trabalho apresenta as melhorias feitas no modelo de gerência do sistema desenvolvido anteriormente, analisando o comportamento do sistema, descrevendo os novos princípios de operação e validando as novas idéias apresentadas.

Palavras-chave: *Nuvens verdes; gerência de recursos; componentes autônomos.*

I. INTRODUÇÃO

Computação Verde usa modelos e técnicas para a gestão integrada de dispositivos de computação e de controle ambiental para proporcionar qualidade de serviço, robustez e eficiência energética.

O desafio em Nuvens Verdes é a operação com o montante mínimo de recursos ativos, sem deixar de atender as exigências de qualidade de serviço e de robustez.

Os modelos de previsão de carga em ambientes de Arquitetura Tradicional e de Computação em Nuvem são baseados na análise de dados históricos e incrementam a procura dos modelos comerciais. Com base nessas informações é possível avaliar a quantidade ideal de recursos a serem (pré-)alocados para uma carga de espera no tempo. A grande questão é o que fazer quando um pico repentino de demanda atinge o sistema.

O desafio em Computação Verde é valorizar o equilíbrio entre diferentes abordagens para tratar a questão premente em data centers com excesso de provisionamento relacionado com a necessidade de atender à demanda de pico, como descrito por [Valancius et al. 2009]. A solução gira em torno da gestão integrada dos recursos com base no controle sobre a alocação de recursos na operação de servidores (por exemplo, através de técnicas como Máquinas Virtuais), distribuição de carga preditiva, e operação das unidades de suporte ambiental. Por exemplo, o sistema de

gestão deve ser capaz de desligar os servidores não utilizados e reduzir proporcionalmente o apoio do ambiente, desativando as unidades de suporte ambiental, em resposta às características de carga do sistema previsto em um determinado período de tempo.

Como resultado da pesquisa sugeriu-se mais validações para a solução de controle integrado de computação e elementos do ambiente nas Nuvens Verdes, proposta e premiada entre os oito melhores trabalhos do CLEI 2011 em [Werner, J 2012]. Ele se baseia em modelos de organização, regulando o comportamento dos componentes autônomos (agentes), que consideram os elementos ambientais como prestadores de serviços (por exemplo, servidores de processamento, os serviços de distribuição de carga, os processadores de tarefas e os serviços de redução de temperatura). A integração dessas tecnologias com soluções práticas de gestão de rede e computação distribuída leva a um modelo ampliado de sistema de gestão. Por exemplo, os serviços de balanceamento de carga podem se comunicar com as unidades do sistema de resfriamento sobre um aumento da demanda de processamento de tarefas que requerem consequentemente maior capacidade de servidor, o que implica em mais ar-condicionado do que está sendo exigido.

Avançou-se na pesquisa, considerando o estado da arte da seguinte forma:

- Apresentamos um Modelo Integrado de Gestão de Recursos para Nuvens Verdes com base nos conceitos de modelos de organização, gerenciamento de redes e computação distribuída;
- Analisamos o comportamento do sistema e princípios de funcionamento; e
- Validamos a proposta, demonstrando o valor agregado do sistema em cenários (estudo de casos).

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: a seção 2 introduz um cenário motivador; a seção 3 descreve o projeto do sistema; um cenário com estudos de casos, para validar a proposta, é introduzido na seção 4. Conclui-se o trabalho na seção 5.

II. MOTIVAÇÃO

Com o advento da Computação em Nuvem, vários serviços têm sido consolidados em poucos servidores, usando máquinas virtuais. Os resultados imediatos foram muito positivos: redução de utilização de espaço, menor

emissão de calor, com consequente otimização da infraestrutura de refrigeração, e uma solução rápida para os sistemas UPS (Uninterruptible Power Supply) problemáticos, ou seja, quanto menos servidores menor a demanda dos UPS.

No entanto, com recursos consolidados, usando técnicas de Computação em Nuvem, percebemos que havia espaço para melhorias. Observou-se que havia períodos no tempo em que as Máquinas Virtuais (MVs) estavam ociosas e os servidores foram subutilizados. Com base nos princípios estabelecidos por [Buyya 2010b], o nosso objetivo era promover a gestão energética eficiente e buscar alternativas seguras para desligar os servidores não utilizados. A abordagem intuitiva era concentrar as aplicações, em execução, em alguns servidores e reciclar a capacidade do servidor.

Apesar de atraente, essa abordagem levou a uma questão importante, a indisponibilidade do serviço. Esse problema obviamente influencia na taxa de erro do SLA (Service Level Agreement). Uma rápida análise concluiu que o problema estava relacionado com o tempo necessário para ativar os recursos desligados.

Concluiu-se que existem três alternativas para superar esse problema:

- Aumentar a margem dos recursos ativos alocados; e consequentemente consumir energia de forma desnecessária;
- Contratar temporariamente recursos externos (isto é, formar uma Nuvem Híbrida); porém, dependendo do cenário, eleva os custos operacionais ou simplesmente não é aplicável devido a problemas com comunicação de dados ou tempo de resposta dos serviços; e
- Implementar uma solução integrada de gestão do sistema que usa recursos ociosos de forma mais eficiente.

Optou-se pela terceira alternativa como mostrado abaixo:

(i) Para criar uma base de dados mais confiável de processamento do ambiente perfeitamente capaz de lidar com picos inesperados de demanda; e

(ii) Para melhorar nossa utilização da energia e das emissões de carbono, integrando a gestão de controle ambiental na equação.

Dado um cenário onde as máquinas físicas e virtuais podem adotar os estados de "Ativa" ou "Inativa", ressaltamos que quanto mais elementos forem desativados, maior será a economia de energia, no entanto maior será o risco de não atender as demandas inferidas na estrutura. Da mesma forma, porém oposta, com todos os elementos ativos não há economia de energia e (teoricamente) também não há risco de não atender as demandas. Cenário expresso na Tabela 1.

Tabela 1. Relação entre situação & risco & atraso de ativação & consumo.

Situação	Estado MF	Estado MV	Tempo de Ativação	Risco	Energia	Consumo
S01	Desligada	Desligada	180s	Alto	0 Ws	Nenhum
S02	Ligada	Desligada	10s	Médio	200 Ws	Médio
S03	Ligada	Ligada	0s	Nenhum	215 Ws	Alto

III. PROPOSTA E SOLUÇÃO

Como visto na Tabela 1, o grau de liberdade se torna estreito, dadas as poucas variáveis a serem controladas. Propomos que a ruptura do Gerenciamento de Serviços Centralizados, como sugerido na Figura 1 em vários serviços de gerenciamento pequenos, dá-nos os elementos necessários para aumentar o grau de liberdade da Nuvem, criando possibilidade de alcançar uma situação de equilíbrio entre risco e consumo.

Com o gerenciamento de serviços de várias Nuvens introduzimos um novo problema: a gestão desses serviços se torna uma tarefa complexa. Para isso, usamos os princípios da Teoria das Organizações, para organizar e classificar tais serviços, tornando-os mais fáceis de controlar.

A gestão da Nuvem através dos princípios da Teoria da Organização fornece a possibilidade de configuração automática do Sistema de Gerenciamento, uma vez que a adição de um novo elemento (por exemplo, MV, MF, UPS, Ar Condicionado) é apenas uma questão de incluir um novo serviço no Grupo de Gestão, retratado na Figura 2.

Inicialmente definimos abaixo alguns termos considerados importantes para o entendimento da proposta.

Proativo: que toma atitudes para resolver problemas antes que eles aconteçam; alguém ou alguma situação que antecede problemas, mudanças ou necessidades futuras, que

seja capaz de antecipar e modificar uma ocorrência de forma hábil e competente.

Holístico: aquele que prega a compreensão integral dos fenômenos, não apenas das suas partes separadas; um termo que ao mesmo tempo indica uma tendência ao ver o todo além das partes.

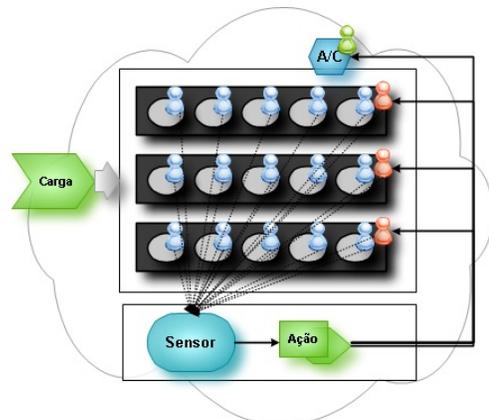


Figura 1. Gerenciamento de serviços centralizados.

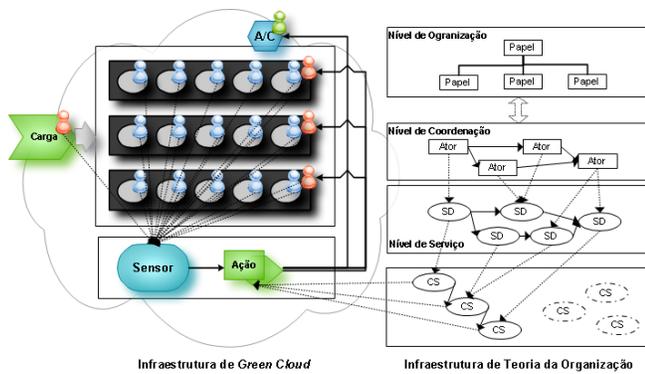


Figura 2. Gerenciamento de serviços distribuídos.

Propomos um modelo de gerência proativa de Nuvens baseado na distribuição de responsabilidades por papéis, visualizado na Figura 3, onde a responsabilidade da gerência dos elementos da nuvem é distribuída entre vários agentes, cada qual em uma área de atuação. Esses controlarão individualmente os elementos da nuvem que lhe competem, agindo de forma orquestrada e visando o cumprimento de normas (metas). Tal orquestração baseia-se: (1) no conhecimento sobre o estado da nuvem (como um todo) ser compartilhado por todos, (2) na existência de regras de planejamento para guiar as ações dos agentes e (3) no fato de existirem crenças, constantemente revistas, sobre o funcionamento interno da nuvem.

Geralmente acordos (SLAs) são estabelecidos visando esclarecer a responsabilidades de cada parte (cliente/provedor). Frisamos que esses acordos devem manter-se no seu nível (o de serviço), tornando-se puramente regras comportamentais (retardo, tolerância a falhas, etc.) do serviço, excluindo exigências estruturais e físicas. Com a saída da configuração do ambiente de dentro do acordo, a nuvem pode tornar-se flexível.

Com a liberdade de alteração de configuração da estrutura, ela pode se tornar dinâmica e extensível, permitindo abranger fatores externos aos acordos estabelecidos (por exemplo, consumo de energia, desgaste de hardware, entre outros).

Assim como vivemos sob as leis da física, a nuvem também deve existir sob normas bem definidas. Essas normas expressam (1) as regras de comportamentos estabelecidos no SLA e (2) os objetivos (de interesse) internos da nuvem que devem ser levados em conta.

Para que os vários elementos da nuvem trabalhem de forma eficiente, buscando a efetivação dessas normas, eles devem ser coordenados por agentes externos aos serviços por eles auditados. Gerenciando, entre outros, a ativação, desativação e configuração de máquinas virtuais e de máquinas físicas.

Considerando a vasta gama de elementos a serem gerenciados, a complexidade crescerá proporcionalmente ao tamanho da nuvem. Para evitar tal complexidade inferimos uma hierarquia aos agentes externos. Podemos fazer uma analogia com uma empresa de grande porte, onde há uma hierarquia a ser seguida e responsabilidades sendo delegadas. Da mesma maneira como em uma empresa, deve existir um

Gerente do Sistema (o chefe da empresa) que manda em todo o ambiente, e seguindo a hierarquia temos os Coordenadores que dividem as operações entre suas equipes [Dignum, 2009], de maneira a facilitar a divisão de tarefas e responsabilidades entre suas equipes.

Dependendo da situação, as decisões irão gerar Operações de Sistema ou Operações de Serviço, ou ambas. As Operações de Sistema podem ser divididas em Gerência de Máquinas Virtuais, Gerência de Máquinas Físicas e Gerência do Ambiente. As Operações de Serviço podem ser divididas em Gerência de Monitoração, Gerência de Agendamento e Gerência de Análise. A ação de cada papel se reflete diretamente na configuração da estrutura como um todo.

As Operações de Sistema agirão na estrutura em que os serviços estão sendo processados e no ambiente em que essa estrutura se localiza. As Operações de Serviço agirão na camada dos serviços, adquirindo informações e alterando a configuração na qual os serviços estão sendo executados.

Os três papéis em que as Operações de Sistema podem ser classificadas são:

- Gerência de Máquinas Virtuais: Responsável pelas ações atribuídas às máquinas virtuais, como criar ou destruir uma MV, alterar suas configurações e até movê-la de um servidor a outro (seja entre clusters locais ou remotos).
- Gerência de Máquinas Físicas: Responsável pelas ações atribuídas às máquinas físicas, como desligar e ligar as máquinas físicas, alterar configurações do sistema operacional hospedeiro (por exemplo, como BIOS - do inglês, Basic Input/Output System, SMART - do inglês, Self-Monitoring, Analysis, and Reporting Technology) e configurações de hardware (por exemplo, cooler, acelerômetro), assim como equipamentos de backend (como Storages, Switchs e Site Backups).
- Gerência do Ambiente: Responsável pela ação fora da estrutura, como controle de temperatura do data center, controle sob os sistemas de backup de energia (NoBreak e Geradores) e controle sobre a acessibilidade do data center.

Os três papéis em que as Operações de Serviço podem ser classificadas são:

- Gerência de Monitoração: Responsável pela coleta de informações da estrutura de modo geral e sua compreensão. Tem papel de manter o modelo ciente do estado da nuvem. Monitora os servidores, MVs, tráfego de rede e etc. Baseado em parâmetros específicos previamente configurados pelo Gerente do Sistema, tal como (1) a utilização de um recurso e seu limiar (threshold) de notificação, (2) a disponibilidade de enlace de rede (dado binário) ou (3) a disponibilidade (idleness) de algum elemento da estrutura.

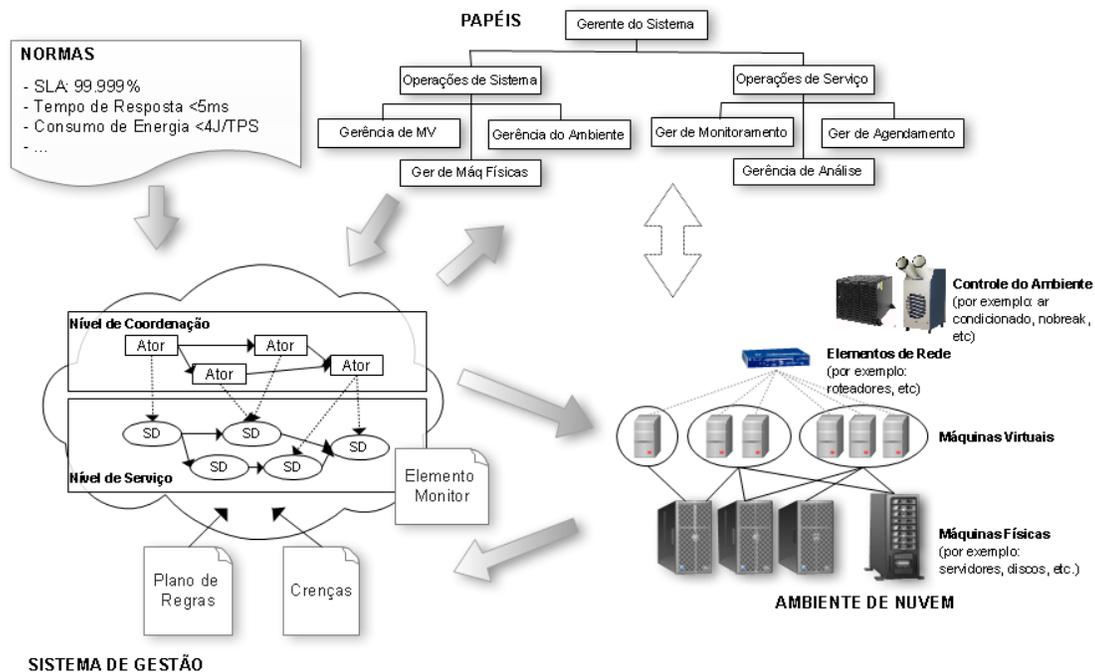


Figura 3. Modelo proposto.

- Gerência de Agendamento: Responsável pela agenda da nuvem. Tem um papel proativo dentro do modelo, planejando as ações a serem tomadas diante dos eventos agendados, como manutenções planejadas que geram um protocolo a ser seguido para a efetivação das mesmas.
- Gerência de Análise: Responsável pelos testes comportamentais dos serviços e sua análise. Tem o papel de auditoria do serviço prestado pela estrutura e a compreensão do mesmo. Certifica se o serviço prestado está de acordo com as normas a serem seguidas, inferindo limiares pré-estabelecidos e alertando o Gerente do Sistema. Monitora também a Qualidade de Serviço que é processado, e compara com as variações da estrutura, chegando a padrões entre o desempenho obtido e os elementos (variantes/que variaram).

As Regras de Planejamento são as bases de conhecimentos teóricos que relacionam contextos com objetivos. São utilizadas nos momentos em que decisões devem ser tomadas durante o planejamento das ações. São conhecimentos primitivos inferidos pela experiência dos administradores, exemplificando: se a máquina física apresenta alta carga, para diminuir a carga, mova a MV com maior processamento para outra MF.

As Crenças são um conjunto de conhecimentos empíricos utilizados para aprimorar as decisões a serem tomadas. Nessa temos a compreensão empírica do funcionamento da Nuvem, dos relacionamentos entre as variáveis dentro da estrutura e o resultado de ações prévias.

As crenças expressam a junção do conhecimento prático, das premissas, vindo das normas e o conhecimento empírico, originado dos históricos e experiências passadas. As crenças

devem ser revistas frequentemente por todos os elementos do modelo, assim como o compartilhamento destas revisões. Pode-se dizer que se trata de uma crença a afirmação de que “a ativação de um servidor tipo X representa o aumento de Y graus em Z minutos”.

IV. ESTUDOS DE CASOS

Nesta seção será descrita a simulação efetuada inferindo nosso modelo e análise da evolução das estruturas Tradicional (Nuvem e Nuvem Verde) e a evolução das Estratégias de Alocação de Recursos, registrando as características de modelo aperfeiçoado.

A. Comparação das Estruturas

O funcionamento do Framework CloudSim foi adaptado para se comportar de acordo com nosso modelo.

Simulou-se então o cenário cujas configurações são descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Características do cenário de simulação proposto.

Parâmetros	Valor
MV - Tamanho da Imagem	1000 MB
MV - Memória (RAM)	256 MB
MV - Largura de Banda	1 Mbps
MF - Arquitetura	x86
MF - Sistema Operacional	Linux
MF - VMM	Xen
MF - Memória (RAM)	8192 MB
MF - Velocidade do Processador	1000, 2000 e 3000 MIPS
MF - Armazenamento	1 TB
MF - Largura de Banda	100 Mbps
MF - Número de Processadores	2

Foram simulados quatro experimentos, (1) um sem políticas de alocação de máquinas virtuais, (2) um aplicando apenas a estratégia de realocação de máquinas virtuais, (3) um aplicando apenas a estratégia de migração de máquinas virtuais e (4) um aplicando tanto a estratégia de realocação e migração de máquinas virtuais, representado pela Figura 4

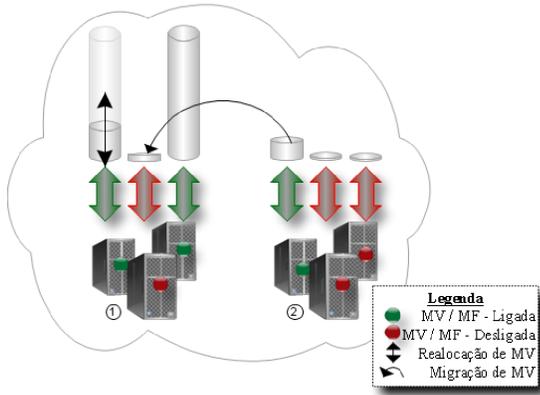


Figura 4. Simulação utilizando migração e realocação de máquinas virtuais.

Comparando o consumo de energia dos experimentos citados acima, representado na Figura 5, conseguimos visualizar uma redução no consumo de energia em 84,33% de kWatt/hora, em relação ao cenário sem políticas implementadas. Mais informações sobre os experimentos podem ser encontradas em [Werner, 2011].

B. Comparação das Estratégias

Com o cenário exposto na figura 6, foi feita a comparação entre três estratégias de alocação de máquinas virtuais de nuvens verdes, (1) Sob Demanda, (2) Recursos Ociosos e (3) Híbrida. Seus detalhes são descritos na tabela 3.

Tabela 3. Visão geral estratégica de alocação de recursos nas nuvens verdes

Estratégias Perguntas	Sob Demanda	Recursos Ociosos	Híbrida
Usa recursos ociosos?	Não	Sim	Não
Usa nuvem pública?	Não	Não	Sim
Quando ativa os recursos?	Quando há saturação no ambiente	Quando os recursos ociosos são utilizados	Quando há saturação no ambiente
Onde ativa os recursos?	Nuvem Privada	Nuvem Privada	Nuvem privada ou pública
Disponibilidade	Baixa	Alto	Alta
Consumo	Baixo	Alto	Baixo

Foram simulados uma bateria de testes variando a quantidade de requisições e o tamanho destas requisições para cada estratégia. Esses buscaram visualizar a distribuição do consumo de energia e da taxa de requisições perdidas, exibidas pela figura 7.

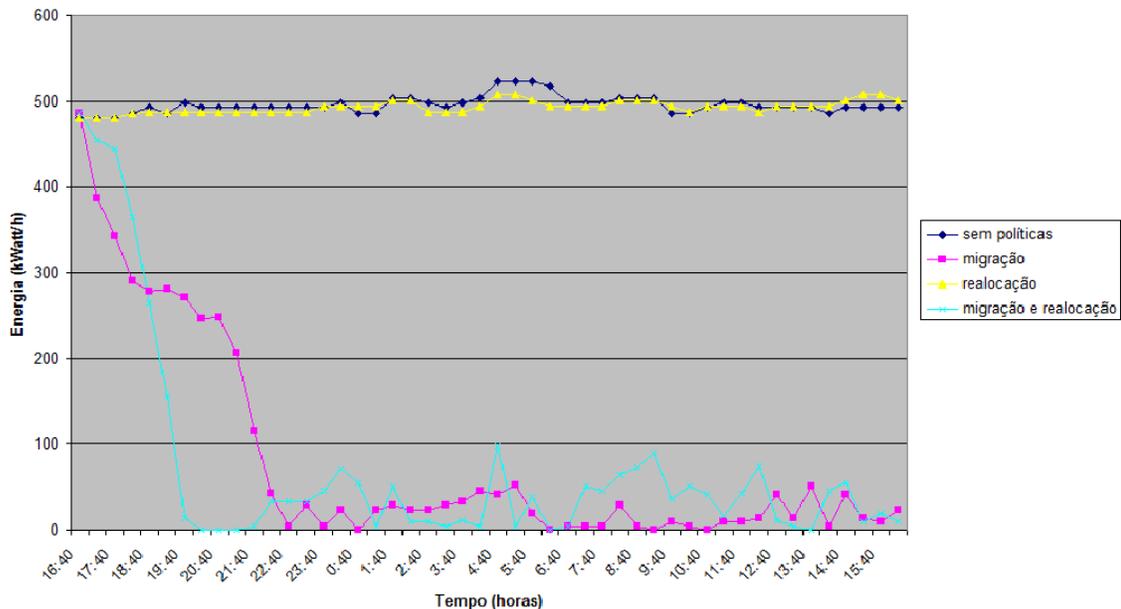


Figura 5. Comparação do consumo de energia diário.

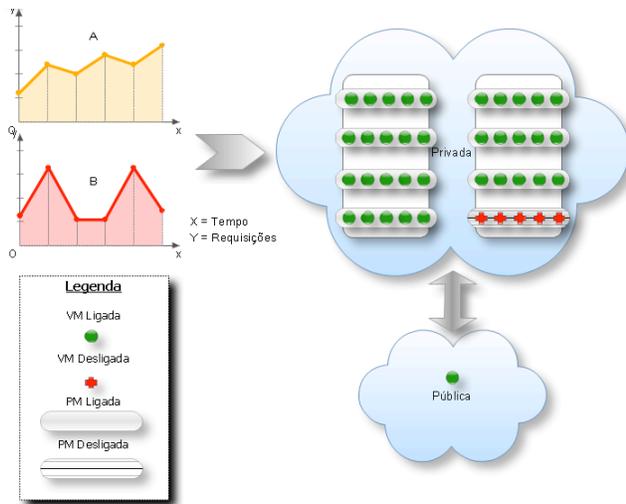


Figura 6. Cenário com nuvem privada e pública.

A estratégia Híbrida demonstrou um desempenho melhor nos casos simulados, chegando a alcançar uma economia de 52% em relação à estratégia com Recursos Ociosos. Na tabela 4 são expostas comparações dos resultados da Estratégia Híbrida em relação às outras duas estratégias. Mais informações sobre as estratégias e as simulações podem ser obtidas em [Geronimo, 2012].

C. Green Cloud Holístico

Green Cloud Holístico como é chamado, é uma estrutura hipotética que é mostrado como uma tendência nesta área [Durkee, 2010], que também é nosso foco de pesquisa. Estes aspectos que estão descritos abaixo são referências que norteiam nosso modelo. Na comparação da Nuvem Verde, podemos inferir a responsabilidade de consumir menos energia, garantindo os acordos pré-definidos no SLA.

Na orquestração física é onde se tem conhecimento sobre o estado de todos os equipamentos de TI, agindo quando for necessário e planejando suas ações com base nas informações da nuvem. Dessa forma, é possível prever e executar as mudanças necessárias no hardware de acordo com a demanda da nuvem, como diminuindo ciclos de relógio da CPU quando ocorrer superaquecimento,

desligando máquinas de acordo com a carga prevista, ou ativando um backup remoto em caso de incêndio.

O ambiente é capaz ainda de interagir automaticamente com nuvens públicas [Buyya, 2010], migrando ou realocando recursos em tempo real para nuvens remotas e proporcionando um melhor suporte para os picos de carga de trabalho ou, ocasionalmente, os ataques DoS (Denial of Service).

No contexto de grupo tem-se, automaticamente, a capacidade de migrar esses grupos ou elementos para nuvens públicas. Um novo nível de alta disponibilidade é obtido, permitindo a criação de nuvens espelho.

Com a comunicação dentro da nuvem, podemos adotar uma configuração minimalista, garantindo o processamento local para a maioria do seu trabalho, deixando os picos de carga de trabalho para uma nuvem externa.

Por ter gerenciamento automatizado, baseado em experiências anteriores e nos resultados, pode-se gerir a nuvem com interferência humana mínima. Com um sistema de gestão 24/7, visando proporcionar melhor utilização dos recursos, ele vai ampliar a vida útil de equipamentos, diminuindo o tempo de inatividade a partir de erros humanos e reduzindo as despesas através da adoção de estratégias inteligentes para a utilização dos recursos.

A estrutura tem a capacidade de adotar metas, objetivos de SLA (e.g. 99,999%), metas para o consumo de energia (kWh X média por dia) ou metas para a emissão de calor (média de Y BTU por dia).

Tabela 4. Visão geral das estratégias de alocação de recursos nas nuvens verdes.

Estratégias Métricas	Sob Demanda	Recursos Ociosos
Requisições Perdidas	-3%	+15%
Consumo	-18%	-52%
Custo	+3%	-47%

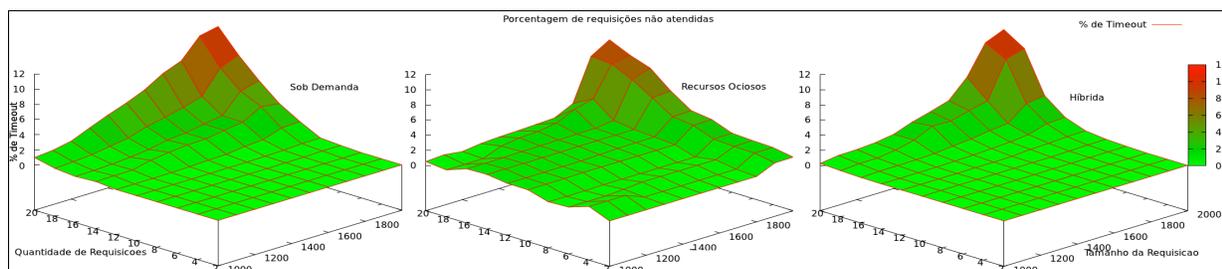


Figura 7. Degradação da disponibilidade entre as estratégias (% de perda de requisições).

D. Análise e tendências

Notamos o aperfeiçoamento e evolução das estruturas (Tradicional, Nuvem e Nuvem Verde), conforme demonstrado na Tabela 5, apresentando maior modularização das áreas e expansão das funcionalidades.

Na orquestração física a tendência é a separação da configuração dos servidores físicos da configuração das MVs, responsáveis pelos serviços, permitindo crescimento horizontal da nuvem e uma livre configuração de suas MVs.

Para a orquestração de serviços, a reorganização dinâmica dos recursos dentro da nuvem mostrou-se imprescindível para a otimização da utilização dos recursos, melhorando o desempenho de suas MVs e serviços.

O balanceamento de carga mostrou-se extremamente dependente da mobilidade da estrutura. Esse primordialmente preso pela elasticidade da estrutura física, mostra agora tendências de adaptação contextual, variando seu local de processamento de acordo com o fluxo inferido pelo ambiente.

O quesito CAPEX demonstrou amadurecimento, trocando quantidade por qualidade. Quanto aos equipamentos, mostra tendência à utilização de menos equipamentos, porém mais robustos e especializados, como *storages*, redes *infiniband* e processadores gráficos, almejando aumentar sua vida útil com uma estratégia parcimoniosa de uso.

Os OPEXs visam o limiar da subsistência. Procurando cada vez mais utilizar o mínimo (recurso energético) e demandar o mínimo (de calor). Paralelamente prevê a automatização da nuvem, e a interferência humana é cada vez menor, mesmo exigindo uma mão-de-obra mais capacitada.

As tendências da responsabilidade social vêm agregando valores as empresas que adotam soluções sustentáveis em seu modo de trabalhar. Assim a questão de sustentabilidade vem junto com as questões do OPEX e do CAPEX, formar um triângulo o qual exige equilíbrio da parte gerencial. Apesar de geralmente a queda das OPEX e CAPEX ser reflexo da adoção de soluções sustentáveis (como desligamento, hibernação e estruturas minimalistas), outras vezes tem-se consequências inversas, visto que produtos ecológicos, os quais agridem menos a natureza, tendem a ser mais caros. A tendência, então, é que o equilíbrio entre estes três pontos seja controlado pela nuvem de forma automatizada. Como por exemplo, sistemas de nobreaks inteligentes que se recarregam em horários de baixo custo e provem sua energia em horários de alto custo [Vytelingum, 2010].

Tabela 5. Comparação entre as tecnologias.

Funcionalidade	Normal	Nuvem	Nuvem Verde
Flexibilidade	Baixa	Média	Média
Disponibilidade	Baixa	Média	Média
Custo	Alto	Média	Alto
Sustentabilidade	Baixa	Média	Alta

A interação entre a nuvem e seu ambiente foi o ponto mais fraco encontrado, talvez pela dificuldade ou falta de padrões, de intercomunicação entre os elementos não computacionais como sistemas de refrigeração (não reativos), *nobreaks* e alarmes. Isso também ocorre para equipamentos de interconexão de redes, porém incentivados por algumas pesquisas [Google, 2010], os fatos apresentados a cima estão mudando. Considerando nuvens que residem em ambientes que mudam para melhor comportá-la, utilizando sistemas de refrigeração proativos (baseados na utilização dos serviços), sistemas de *nobreaks* inteligentes e segurança de dados baseado no acesso físico da nuvem.

E. Melhorias no ambiente

Com as ações proativas de flexibilidade do ambiente, espera-se que o número médio de máquinas físicas ligadas diminuirá em 20%, para o cenário descrito acima.

Para melhorias na disponibilidade do ambiente, é esperado diminuir as violações de SLA, dependendo do cenário, em até 90%. Desde a possibilidade de grupos isolados dos Serviços de Nuvens em diferentes cenários de carga inesperados (tais como ataques de negação de serviço). Outros serviços não seriam afetados pela saturação Nuvem.

Com melhorias nos custos do ambiente, é esperada uma redução do Capex em 33%, para o cenário descrito acima, sem acrescentar as Nuvens públicas usando o custo, e uma redução de aproximadamente 30% do consumo de energia do data center global. A redução do CAPEX seria derivada do corte de máquinas físicas (configuração mínima). E a redução de OPEX vem com a otimização no uso dos recursos e do corte de máquinas físicas.

Foi almejada no controle do ambiente, a gerência do sistema de refrigeração. Em nosso modelo poderia passar de 64.824 milhões (100%) BTU's anuais para 31.763 milhões (49%) anuais, atingindo uma economia de emissão de calor de aproximadamente 50% nesse cenário, contribuindo ainda mais para a sustentabilidade em *data centers*.

V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Nesse trabalho, a proposta foi estendida num modelo integrado de gestão de recursos para nuvem verde com base nos conceitos de modelos de organização, gerenciamento de redes e computação distribuída. Demonstrou-se que a solução proposta oferece confiabilidade e sustentabilidade, contribuindo para o nosso objetivo de aperfeiçoar a utilização de energia e reduzir as emissões de carbono. Foram obtidos os seguintes resultados no ambiente de teste:

- Dinâmica Orquestração Física e Orquestração de Serviços levaram a uma economia de energia de 84%, quando comparado a outros métodos estáticos;
- Melhoria dos esquemas de Balanceamento de Carga e Alta Disponibilidade fornecem até 90% de diminuição de erro de SLA, isso devido ao fato de isolar os grupos de serviços nas nuvens, em diferentes cenários de carga inesperados (como ataques DoS), para prevenir o impacto de SLA sobre outros serviços;
- Redução da margem de utilização de recurso que fornece redução de 33% nos investimentos Capex e adicionalmente poupança de energia de 30%;

- Melhoria de até 3% na disponibilidade e 52% no consumo, variando apenas a estratégia de alocação das máquinas virtuais; e

- Finalmente, a gestão do sistema de refrigeração fornecida pelo módulo de gestão ambiental fornece cerca de 50% de economia de emissões de calor e consequente reduz as emissões de carbono.

Como trabalho futuro, pretende-se investir em novas simulações estendendo as variáveis da nuvem (como DVFS e UPS) e, se possível, explorar algumas técnicas de inteligência artificial, tais como redes *bayesianas*, no recálculo das crenças, aproveitando das experiências anteriores em [Schulter, 2006], [De Franceschi, 1996] e [Rocha, 1997].

REFERÊNCIAS

- [1] Buyya, R., Beloglazov, A., and Abawajy, J. H. (2010a). Energy-Efficient Management of Data Center Resources for Cloud Computing: A Vision, Architectural Elements, and Open Challenges. Proceedings of the 2010 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA2010), Las Vegas, USA, July 12-15, 2010., abs/1006.0308J.
- [2] Buyya, R., Ranjan, R., and Calheiros, R. (2010b). Intercloud: Utility-oriented federation of cloud computing environments for scaling of application services. In Hsu, C.-H., Yang, L., Park, J., and Yeo, S.-S., editors, Algorithms and Architectures for Parallel Processing, volume 6081 of Lecture Notes in Computer Science, pages 13{31. Springer Berlin / Heidelberg. 10.1007/978-3-642-13119-62.
- [3] Chaves, S. A., Uriarte, R. B., Westphall, C. B. (2011). Toward an Architecture for Monitoring Private Clouds. IEEE Communications Magazine. Dec. 2011.
- [4] Dignum, F., Dignum, V., Padget, J., and Vazquez-Salceda, J. (2009). Organizing web services to develop dynamic, exible, distributed systems. In iiWAS '09: Proceedings of the 11th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services, pages 225/234, New York, NY, USA. ACM.
- [5] Durkee, D. (2010). Why cloud computing will never be free. ACM Queue - Emulators, 8(4):20.
- [6] Geronimo, G. A. (2012). Estratégia de Alocação de Máquinas Virtuais em Nuvens Verdes - Dissertação de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Catarina.
- [7] Google, C. (2010). Google data center power usage efficiency.
- [8] Valancius, V., Laoutaris, N., Massoulie, L., Diot, C., and Rodriguez, P. (2009). Greening the internet with nano data centers. In CoNEXT '09: Proceedings of the 5th international conference on Emerging networking experiments and technologies, pages 37/48, New York, NY, USA. ACM.
- [9] Vytelingum, P., Voice, T. D., Ramchurn, S. D., Rogers, A., and Jennings, N. R. (2010). Agent-based micro-storage management for the smart grid. In AAMAS '10: Proceedings of the 9th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, pages 39/46, Richland, SC. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems.
- [10] Werner, J. (2011). Uma abordagem para alocação de máquinas virtuais em ambientes de computação em nuvens verdes. Dissertação de Mestrado. PPGCC-UFSC.
- [11] Werner, J., Geronimo, G. A., Westphall, C. B., Koch, F. L., Freitas, R. R., Westphall, C. M. (2012). Environment, Services and Network Management for Green Clouds. CLEI ELECTRONIC JOURNAL, Volume 15, Number 2, Paper 2, August 2012.
- [12] Westphall, C. B., Westphall, C. M.; Koch, F. L. et al. (2011). Management and Security for Grid, Cloud and Cognitive Networks. Revista de Sistemas de Informação da FSMA n. 8 (2011) pp. 8-21.
- [13] Schulter, A., Navarro, F., Koch, F. L., Westphall, C. B. (2006). Towards Grid-based Intrusion Detection. 10th IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium, 2006. NOMS 2006.
- [14] De Franceschi, A. S. M., Kormann, L. F., Westphall, C. B. (1996). A performance application for proactive network management. IEEE Second International Workshop on Systems Management, 1996, pp. 15-19.
- [15] Rocha, M. A., Westphall, C. B. (1997). Pro-Active Management of Computer Networks using Artificial Intelligence Agents and Techniques. Fifth IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management, pp. 610-621.