

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
Engenharia de Computação

RENATO CAPPELLI PARPINELI

**ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS DE SERVIDORES *BLADE*
E CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA**

Itatiba
2011

RENATO CAPPELLI PARPINELI – R.A. 002200400157

**ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS DE SERVIDORES *BLADE*
E CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Computação da Universidade São Francisco, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Computação.

Orientador: Prof. Esp. Edval Piccolo de Matos

Itatiba
2011

AGRADECIMENTOS

Aproveito para homenagear todas as pessoas que estiveram comigo durante minha formação e desenvolvimento deste projeto: pais, irmãos, tios, avós, primos, cunhados, amigos e minha namorada, agradecendo pelo suporte, dedicação, companheirismo, motivação. Por compartilhar minhas preocupações e pela compreensão nos momentos mais difíceis.

Agradeço ao meu orientador Edval Piccolo de Matos, pelas sugestões, correções e por acreditar no meu potencial.

Em especial, agradeço a minha avó Angelina, pelas inúmeras frases de incentivo e carinho, e por sempre se lembrar de mim em suas orações.

RESUMO

As organizações de Tecnologia da Informação, para se manterem competitivas no mercado, precisam lidar com os crescentes custos associados à demanda computacional para atingir as necessidades do negócio. A rápida evolução da informatização requer tecnologias cada vez mais potentes, mas acima de tudo escaláveis, para que possam suportar o crescimento e desenvolvimento da empresa. Uma dessas tecnologias é a arquitetura de servidores *blade* que, com 10 anos de maturidade, se torna uma das tendências para os *data centers* do futuro. Foi desenvolvida pelos principais provedores de soluções de TI do mercado para prover maior eficiência, com alto poder de processamento, utilizando menor espaço físico, permitindo modularização, centralização de gerenciamento, redução de custos operacionais, alto retorno de investimento (ROI) e consumo eficiente de energia.

Palavras-chave: Servidores *blade*. Servidores de alta-densidade. Eficiência energética. TI Verde.

ABSTRACT

To remain competitive in the market, IT organizations have to deal with the rising costs associated with the computational requirements to meet business needs. The quick evolution of information technology requires increasingly powerful technologies, but above all scalable, so that they can support the growth and development of the company. An example of this kind of technology is the architecture of blade servers, with 10 years of maturity, becomes a trend for the data centers of the future. It was developed by the leading providers of IT solutions to supply greater market efficiency, with high processing power, using less physical space, allowing modularization, centralized management, reduced operating costs, high return on investment (ROI) and energy efficiency.

Key words: Blade servers. High density servers. Power efficiency. Green IT.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivo.....	10
1.2	Visão Geral	10
1.3	TI Verde.....	12
1.4	Sustentabilidade	14
1.5	Pegada de Carbono.....	14
1.6	Virtualização.....	15
2	CARACTERÍSTICAS DOS SERVIDORES <i>BLADE</i>	16
2.1	Consumo eficiente de energia.....	16
2.2	Provisionamento de energia.....	18
2.3	Resfriamento.....	19
2.4	Gerenciamento	24
3	COMPARATIVOS ENTRE SOLUÇÕES PADRÃO	27
3.1	Vantagens com relação aos formatos padrão (<i>Rack / Torre</i>).....	27
3.2	Desvantagens com relação aos formatos padrão (<i>Rack / Torre</i>)	27
4	ESTUDOS DE CASO	29
4.1	Caso 1: Centro de Tecnologia Microsoft.....	29
4.2	Caso 2: Tutor Perini Corporation.....	29
5	CONCLUSÕES	31
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BTU	<i>British Thermal Units</i>
CCS	<i>Control and Collect System</i>
cfm	Pés cúbicos por minuto
CO ₂	Dióxido de carbono
GEE	Gases do Efeito Estufa
HP	Hewlett Packard
IBM	<i>International Business Machines</i>
IDC	<i>International Data Corporation</i>
IDRAC	<i>Integrated Dell Remote Access Controller</i>
iLO	<i>Integrated Lights-Out</i>
Inc.	<i>Incorporated</i>
KVM	<i>Keyboard, Vídeo and Mouse</i>
kWh	Quilowatt por hora
m ³ h	Metro cúbico por hora
RAM	<i>Random Access Memory</i>
ROI	<i>Return on Investment</i>
RSA	<i>Remote supervisor Adapter</i>
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
SPEC	<i>Standard Performance Evaluation Corporation</i>
SSH	<i>Secure Shell</i>
SSJ	<i>Server Side Java</i>
SSL	<i>Secure Sockets Layer</i>
TCO	<i>Total cost of ownership</i>
TI	Tecnologia da informação
UCS	<i>Unified Computing System</i>

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Servidores <i>Blade</i> PowerEdge M610 meia altura e PowerEdge M710 altura completa	10
FIGURA 2 – <i>Enclosure</i> IBM BladeCenter HT– Suporta até 12 <i>blades</i> altura completa	11
FIGURA 3 - Aumento no consumo de energia nos <i>data centers</i>	16
FIGURA 4 - Técnica de resfriamento com corredores de ar quente / ar frio	21
FIGURA 5 - Disponibilização de <i>racks</i> no <i>data center</i> de acordo com consumo	23
FIGURA 6 - Modelo de Dinâmica dos Fluidos Computacional 3D	23
FIGURA 7 - Gerenciamento de energia do <i>Enclosure</i> Dell M1000e através de linha de comando	24
FIGURA 8 – DELL CMC para gerenciamento do <i>enclosure</i> via interface <i>web</i>	25
FIGURA 9 – Status do gerenciamento de energia do <i>enclosure</i> Dell M1000e	26

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Comparativo de consumo de energia e espaço físico entre diferentes tecnologias de servidores.....	17
TABELA 2 - Consumo de servidores por densidade.....	19
TABELA 3 - Aplicação das cinco abordagens de refrigeração de gabinetes de alta densidade	22

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia computacional e suas características como desempenho, dimensão, custo e usabilidade evoluíram drasticamente nos últimos 40 anos. A miniaturização dos dispositivos avançou notavelmente, se compararmos os computadores de 1970, que ocupavam o espaço de uma sala inteira, e atualmente podem ser carregados no bolso da roupa. Nesta época contávamos quantidade de memória disponível no computador em *bytes*, hoje os sistemas computacionais podem conter centenas de *terabytes*. Estas tecnologias desenvolvidas foram necessárias para a disseminação da informática no mundo, dos dispositivos portáteis, da computação pessoal e transformou a forma como a informação é tratada atualmente.

Para acompanhar a popularização do uso da informática e o crescente aumento da quantidade de informações, foi necessário aumentar a capacidade de processamento. Uma das formas de se obter sucesso nesta atividade foi aumentando a capacidade dos dispositivos internos às máquinas e desenvolvendo tecnologias de *software* que utilizem adequadamente estes recursos. Porém, muitas vezes o limite do hardware é alcançado, sendo o aumento físico de equipamentos trabalhando paralelamente na execução das atividades uma das formas de aumentar o processamento.

A falta de espaço físico tem sido um detrator para a capacidade de processamento nos *data centers* e novas soluções têm sido desenvolvidas para fornecer mais processamento em dispositivos cada vez menores, que controlam adequadamente o consumo de energia. Uma destas tecnologias foi o desenvolvimento de servidores de alta densidade, chamados de *blades* (do inglês, “lâmina”, por alusão à sua dimensão reduzida).

Esta arquitetura conta com chassi de baixa dimensão, alta densidade, com *design* que permite compartilhamento de componentes redundantes entre si como alimentação e resfriamento, que utiliza placas de circuitos modulares otimizadas visando minimizar o espaço físico utilizado. Sua arquitetura permite oferecer alto poder de processamento utilizando componentes de tamanhos reduzidos, mas de grande capacidade, demandando menor espaço físico e tendo eficiente consumo de energia. Cada *blade* é um servidor físico dedicado, mas dependendo da forma como for implementado pode conter vários servidores virtualizados (GOLDWORM; SKAMAROCK, 2007).

Tecnologia desenvolvida e patenteada em 2002 por Christopher Hipp e David Kirkeby da RLX Technologies Inc., posteriormente adquirida pela Hewlett Packard (HP), somente começou a ganhar espaço no mercado corporativo por volta de 2002.

De acordo com dados do IDC (2010), a receita de servidores *blade* cresce 24,7% ano a ano desde 2009, alcançando 6.6 bilhões de dólares em receita no ano de 2010.

1.1 Objetivo

Sendo visto atualmente como uma tendência tecnológica, complementar a outras tecnologias, a utilização de servidores *blades* possui vantagens e desvantagens em relação aos servidores tradicionais, que não se mostram claras e que precisam ser estudadas e analisadas antes de sua implementação.

O objetivo deste trabalho é demonstrar as principais características dos servidores *blade*, os benefícios que podem trazer para as corporações e algumas considerações para implementação eficiente nos *data centers*, visando o consumo eficiente de energia.

1.2 Visão Geral

Blades são um novo padrão de fábrica para tecnologia de computação, que empacota componentes ultra densos, incluindo servidores, *storages* (armazenamento de dados) e interfaces de comunicação em chassi com fiação pré-disposta, com componentes compartilhados como alimentação elétrica, resfriamento e interface de rede (GOLDWORM; SKAMAROCK, 2007).



FONTE: DELL (2011)

FIGURA 1 – Servidores *Blade* PowerEdge M610 meia altura e PowerEdge M710 altura completa

Utilizando componentes diminutos, porém de grande capacidade, sua arquitetura permite oferecer alto poder de processamento utilizando menor espaço físico possível, como podemos ver na FIGURA 1.

Os *blades* são armazenados em estruturas chamadas *enclosures*¹, ou chassi, como mostra a FIGURA 2. São tipicamente dispostos verticalmente, como livros em uma prateleira, diferentemente dos servidores de *rack* que são dispostos horizontalmente. Seu tamanho reduzido e sua disposição ocupam menos espaço que servidores de *rack* convencionais.

Diversos servidores podem ser colocados em um mesmo *enclosure*, variando de acordo com o tamanho da estrutura e densidade do *blade* (1U, 2U, 4U).

Estes números, que dão nomes aos formatos dos gabinetes, indicam o número de baias que ocupam nos *racks*. Os gabinetes de 1U ocupam uma única baia, os de 2U ocupam duas e os de 4U ocupam quatro, sendo que um *rack* de tamanho padrão possui até 42 baias (MORIMOTO, 2010).



FONTE: IBM (2011)

FIGURA 2 – *Enclosure* IBM BladeCenter HT, com suporeia a até 12 *blades* altura completa

¹ *Enclosures*: estruturas que simplificam o cabeamento entre os dispositivos internos, fornecem alimentação e ventilação necessárias para cada *blade* e compartilha recursos de monitoramento, como monitor, teclado, mouse e unidade óptica.

A redução de utilização do espaço físico com esta tecnologia é significativa. Como exemplo, o *enclosure* para *blades* Dell M1000e pode conter 16 servidores *blade* utilizando espaço onde poderiam ser colocados somente 10 servidores do tipo *rack*, com ganho de 60% em densidade (UBM TECH WEB, 2010).

Os *blades* são tipicamente utilizados em *cluster* de servidores, que são dedicados a tarefas como compartilhamento de arquivos, servidor de páginas *web* e *caching*, encriptação *Secure Sockets Layer* (SSL) de comunicação, *transcoding* de conteúdo *web* para dispositivos móveis, conteúdo de *streaming* de áudio e vídeo.

Blades estão ganhando espaço no mercado, sendo comercializados pelos principais desenvolvedores de tecnologia, entre eles IBM, HP, Cisco e Dell.

Alguns dos supercomputadores do mundo são criados utilizando conjuntos de *blades*. Um exemplo é o Abe, adquirido pelo estado norte-americano de Illinois e utilizado por aproximadamente quatro anos pelo Instituto para Aplicações Avançadas de Computação e Tecnologias e pelas comunidades de engenharia atendidas pela Fundação Nacional de Ciência dos Estados Unidos. O Abe tem um desempenho de pico de 88.3 teraflops² por segundo e consiste de 1200 servidores *blade* (<http://www.supercomputadores.noradar.com>, set. 2011).

1.3 TI Verde

Os problemas ambientais que o planeta vem sofrendo nas últimas décadas estão sendo muito discutidos nos veículos de comunicação. Alterações climáticas, aumento do nível dos oceanos e derretimento de geleiras causadas pelo lançamento de gases na atmosfera, causando o efeito estufa, são assuntos que estão tendo grande atenção das empresas, órgãos do governo do mundo todo, da mídia e da população em geral.

Segundo informações do *Greenpeace*, um aumento médio global dos mares de 9 a 88 centímetros é esperado nos próximos 100 anos, graças aos gases de efeito estufa que já emitimos e provavelmente ainda emitiremos (*Greenpeace Portugal*).

As nações estão se unindo para discutir e tentar conter os problemas ambientais, revertendo o quadro atual de poluição e abuso do ecossistema.

Com esta pressão sendo exercida pelos países, acionistas e consumidores, muitas empresas tem se preocupado em adequar suas atividades ao modelo “verde”, ou seja, que resultem em menores impactos possíveis ao meio ambiente; não somente baseando-se no

² *Teraflops*: Medida utilizada para determinar o desempenho de um sistema computacional. Um *teraflop* equivale a um trilhão de operações de ponto flutuante por segundo.

apelo ético e emocional de salvar o planeta, mas pela percepção de que com a implementação dessas práticas, é possível economizar tempo, recursos, reduzir custos e aumentar a produtividade.

Novas técnicas estão sendo estudadas e desenvolvidas e diversas áreas das empresas, não somente o ambiente de TI, podem contribuir para atender ao modelo “Verde”.

A partir de 1960, as empresas começaram a utilizar recursos computacionais e investir em informatização. Neste intervalo de 50 anos, a área de TI (Tecnologia da informação) tornou-se essencial para o desenvolvimento das empresas (REINHARD, 1996). A demanda de recursos computacionais mais potentes e em maior quantidade fez com que as empresas passassem a adquirir cada vez mais ferramentas para atender esse crescimento, muitas vezes sem uma análise correta da necessidade e do seu custo de operação.

O aumento da demanda de energia nos *data centers* cresce da mesma forma que aumenta o custo para manter o seu funcionamento, e vemos que muitos desses recursos acabam sendo subutilizados em grande parte do tempo. Sem o uso das ferramentas corretas, energia, processamento e dinheiro são desperdiçados.

A TI Verde (do inglês *Green IT*) é o conjunto de iniciativas e estratégias que reduzem o impacto ambiental na área de tecnologia (INFO TECH, 2009). Fatores como análise e controle do consumo de energia de TI, descarte correto de dispositivos após o uso, consumo de combustíveis para geradores de *data centers*, consumo excessivo de papel, sistemas de refrigeração de *data centers*. São exemplos de atividades que podem ser revisadas e melhoradas para que tenham menor impacto no meio ambiente.

Além dos benefícios ao meio ambiente, o modelo TI Verde proporciona redução de gastos com energia elétrica, uso de hora/trabalho de funcionários de TI com manutenção e gerenciamento de sistemas, redução de custos com reutilização de equipamentos, entre outros (INFO TECH, 2009).

Uma abordagem mais realista mostra que as mudanças não serão uma opção, mas sim uma necessidade das empresas. Utilizar estratégias de TI como Virtualização, *Cloud Computing*, estações de trabalho e servidores com recursos de economia de energia e uso eficiente de energia são boas opções para diminuir o consumo.

Como revela estudo de Symantec (2007),

“Quase 75% dos gerentes de *data centers* têm interesse em adotar iniciativas de TI Verde, contudo apenas 1 em 7 realmente o faz, graças ao investimento necessário. Dependendo da forma como está estruturada a empresa, o investimento inicial pode ser alto, o que pode desmotivar seus líderes.

Porém, os benefícios e retorno com economia de recursos é imediato e substancial, e em alguns meses paga-se o investimento.”

1.4 Sustentabilidade

Existem inúmeras definições para sustentabilidade. Segundo o Relatório de Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e publicado em 1987, sustentabilidade significa “suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas” (BRUNDTLAND, 1987).

Nos anos de 1980, quando foi redigido o relatório, a sustentabilidade (assim como alterações climáticas) era uma questão que preocupava a poucos e que não tinha grande impacto na indústria e na sociedade. Hoje em dia a palavra é repetida várias vezes nos veículos de comunicação e nas propagandas de produtos que estão à venda. Essa mudança ocorre porque, quando se fala em desperdício de recursos e poluição ambiental, a situação atual é muito mais preocupante do que há 30 anos. Se o desenvolvimento dos países continuar seguindo a tendência atual, utilizando cada vez mais recursos naturais e energéticos, as gerações futuras terão problemas para suprir suas necessidades.

1.5 Pegada de Carbono

O termo pegada de carbono (do inglês *Carbon Footprint*) se refere à quantidade de CO₂ (dióxido de carbono) e gases nocivos emitidos na atmosfera por uma determinada empresa (Carbon Footprint, 2011). Seja numa indústria, durante o processo de fabricação de seu produto, desde a busca de materiais, o processo de manufatura até a distribuição dos produtos ou de uma empresa que possua somente escritórios, mas que por diversos fatores contribuem para a geração de gases poluidores (uso de energia elétrica, transporte de funcionários, viagens, etc).

Este cálculo está sendo muito utilizado atualmente para identificar quando determinada empresa, produto, evento ou serviços são livres de carbono. Ou seja, da mesma forma que lançam determinada quantidade de gases nocivos na atmosfera (gases do efeito estufa - GEE), contribuem através de práticas equivalentes para o equilíbrio do meio ambiente. Algumas das práticas mais conhecidas são:

- Utilização de fontes renováveis de energia, como eólica ou solar, ao invés de utilizar recursos derivados de combustíveis fósseis, que não são renováveis e são grandes fontes de poluição do meio ambiente;

- Diminuição do desmatamento / incentivo ao reflorestamento, através dos dados científicos levantados, quantifica-se o número de árvores necessárias para neutralizar as emissões. As árvores são plantadas em áreas de preservação permanente;
- Consumo mais eficiente de energia, através do uso de novas tecnologias ou mudança de processos ou costumes.

1.6 Virtualização

Um computador virtual é a representação lógica de um computador em um *software*. Pelo desacoplamento do *hardware* físico do sistema operacional, a virtualização provê maior flexibilidade operacional e aumenta a taxa de utilização do *hardware* físico (IBM, 2007).

Dados de relatório do Robert Frances Group indicam que em todo segmento de mercado, a média de utilização da maioria dos processadores no centro de dados é de 15 a 20 por cento (ROBERT FRANCES GROUP apud IBM System x, 2010).

A virtualização permite utilizar múltiplos servidores lógicos dentro de um único *hardware* físico, utilizando toda a capacidade computacional que o *hardware* possa oferecer. Esta característica se traduz em redução de custos com novos servidores e grande economia de gastos de energia. Segundo dados da VMware [entre 2006 e 2011], a redução no consumo de energia pode chegar a 80% através da virtualização.

Combinado com a virtualização, o uso de servidores *blade* resulta em alta escalabilidade, pois até que o chassi esteja completo, conforme aumente a demanda de processamento e de servidores virtuais, é possível acrescentar *blades* no sistema, permanecendo com gerenciamento centralizado e simplificado.

Embora a virtualização seja primordialmente implementada por *software*, os desenvolvedores de processadores têm implementado dentro do *hardware* características que aumentam a eficiência do processo de virtualização, a fim de obter a maior capacidade desta ferramenta.

Racks de *blades* virtualizados trabalhando em paralelo atingem o processamento de supercomputadores e a modularidade permite adicionar, remover ou trocar servidores sempre que necessário. Esta combinação permite significativa racionalização dos procedimentos operacionais, reduzindo os custos operacionais de TI.

Em 2009, o Gartner estimava que 18% dos *data centers* eram ou seriam virtualizados. A estimativa é de que chegue a mais de 50% no fim de 2012 (GARTNER apud INFO, 2010).

2 CARACTERÍSTICAS DOS SERVIDORES *BLADE*

Este capítulo tem o objetivo de avaliar as principais características dos servidores *blade*, apresentar técnicas para melhor utilização em diferentes situações e comparar esta tecnologia com os formatos de servidores de *rack* e torre.

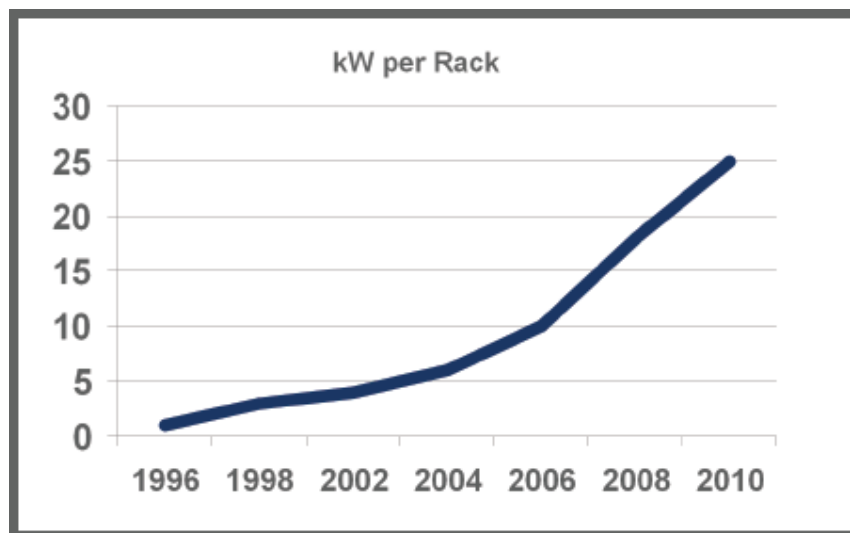
2.1 Consumo eficiente de energia

Na última década houve um grande aumento da pressão pública contra as empresas com relação à degradação do meio-ambiente. Tópicos como responsabilidade ambiental, sustentabilidade, corte de emissão de gases nocivos, reciclagem, eficiência energética são cada vez mais abordados pela mídia.

Muitas empresas estão transformando esta necessidade, de diminuir o desgaste do planeta, em estratégias de negócio, utilizando novos processos, produtos e práticas, mostrando-se mais ecologicamente corretas para seus clientes e consumidores.

Além destas questões que visam boa publicidade para a empresa, existe ainda a questão de redução de custos, que tem grande influência na tomada de decisões.

Segundo dados do VMWARE (2008), o consumo de energia nos *data centers* dobrou de 2000 a 2006, seguindo a mesma tendência com o passar dos anos, como mostra o gráfico da FIGURA 3:



FONTE: VMWARE (2008)

FIGURA 3 - Aumento no consumo de energia nos *data centers*

Enquanto as tarifas de energia sobem para 15 centavos de dólar por kWh na cidade de Nova Iorque, 21 centavos por kWh em Tóquio e até 23 centavos por kWh em Londres, negócios podem reduzir drasticamente seu consumo de energia, dependendo do tipo de sistema implantado nos seus centros de dados (IBM System x, 2010).

Por permitir maior capacidade de unidades de servidores num único chassis, os *racks* e *enclosures blade* demandam maior quantidade de energia, porém, por possuir um único sistema de energia dedicado a todo o sistema (chassis, *blades* de servidores, interface de rede e *armazenamento de dados*), que pode ser configurado para variar de acordo com a demanda, a utilização da energia é muito mais eficiente quando comparado a servidores de formato *rack* ou torre, que são alimentados isoladamente, através de fontes de alimentação próprias.

Como mostra o comparativo da TABELA 1, em uma comparação básica entre máquinas do mesmo fabricante, utilizando a mesma configuração, a tecnologia de servidores *blades* permite redução de 19% a menos no consumo de energia e 37,5% na redução do espaço físico.

TABELA 1 – Comparativo de consumo de energia e espaço físico entre diferentes tecnologias de servidores.

	Servidor Rack	Servidor Blade
Número de Servidores	16	16
Espaço de rack	16U	10U
Consumo total de energia	4785W	3835W
Consumo de energia das ventoinhas	530W	80W

FONTE: COXE (2010)

A questão principal para obter sucesso no dimensionamento e consumo eficiente de energia está ligada a distribuição de refrigeração e alimentação. Muitas vezes o *data center* já possui sistemas eficientes implantados, mas não adequados ou dimensionados para suprir o fornecimento em algumas áreas de alta densidade.

Dentre os complicadores para o consumo eficiente de servidores *blade*, podemos citar:

- Circulação insuficiente de ar: Rasmussen (2005, p.3) afirma que

“Os servidores *blade* precisam de aproximadamente 120 cfm (m³h) de ar frio por kW de potência nominal. A maioria dos *data centers* fornece apenas 200 a 300 cfm (m³h) de ar por *rack*, ou seja, 10 vezes menos ar que o necessário para servidores *blade* completos. Isso limita a energia de *rack* média a menos de 2 kW.”

A ausência de ar renovado dentro do *enclosure* faz com que o mesmo ar circule várias vezes dentro do servidor, a cada ciclo aumentando sua temperatura, fazendo com que haja superaquecimento.

- Distribuição insuficiente de energia elétrica: Como a densidade de energia requerida para alimentar todos os servidores é muito maior nos *blades*, a distribuição padrão dos *data centers* pode não suprir corretamente a demanda necessária, causando uso excessivo de energia e superaquecimento da instalação, podendo causar falhas elétricas. Dentre os itens que necessitam de atenção, podem ser citados o cabeamento inapropriado, capacidade insuficiente da Unidade de Distribuição de Energia (PDU) e disjuntores mal dimensionados.

2.2 Provisionamento de energia

Segundo estudo realizado pelo *International Data Corporation* (IDC) sobre perspectivas de usuários finais, o provisionamento da alimentação de energia é a maior dificuldade encontrada pelos usuários de *data center* (IDC apud GOLDWORM; SKAMAROCK, 2007).

Diferentemente dos servidores torre e *rack*, a alimentação dos servidores *blade* é feita através de fontes de alimentação disponíveis no *enclosure* e não dentro de cada servidor, resultando em melhor eficiência na distribuição da alimentação como um todo.

Segundo Rasmussen (2011, p.16),

“os servidores *blade*, por sua infra-estrutura de chassis que compartilha fonte de alimentação e ventoinhas de resfriamento, atingem de 20% a 40% em redução no consumo elétrico quando comparado a servidores convencionais de mesmo poder de processamento. Este ganho representa significativa redução de custos de TCO (total cost of ownership).”

Fontes de energia mais eficientes significam redução direta nos custos de energia e na produção de calor. Menos calor significa menor necessidade de resfriamento e, pelo calor representar uma das principais causas de falhas em semicondutores, se traduz em sistemas mais confiáveis (80 PLUS [entre 2006 e 2011]).

Acompanhando a evolução na tecnologia dos componentes internos dos servidores, as fontes de alimentação passaram a ter maior confiabilidade e desempenho.

A ineficiência das fontes de alimentação para servidores de primeira geração foi confirmada por um dos maiores fabricantes de servidores, a IBM. De acordo com informação do fabricante, a fonte de alimentação interna de seus servidores de *rack* de 1U operava a 65% de eficiência, que era convertida para energia utilizável. Isto significa que 35% da energia

gerada era dissipada em forma de calor. Após diversas melhorias, analisou-se em sua segunda geração de servidores *blade* um aumento considerável de desempenho, gerando 91% de energia utilizável, dissipando somente 9% da energia não utilizada em calor (GOLDWORM; SKAMAROCK, 2007).

Segundo Rasmussen (2005, p. 2) “os servidores *blade* funcionam às densidades de potência mais altas que as capacidades de energia e refrigeração existentes na maioria dos *data centers*”.

Rasmussen explica que (2010, p. 3)

“equipamentos de TI que consomem mais de 10 kW por *rack* podem ser considerados de alta densidade. *Racks* de servidores completamente ocupados podem consumir de 6 kW a 35 kW por *rack*. Mesmo assim, a grande maioria dos *data centers* atuais são projetados para uma densidade de potência menor que 2 kW por *rack*.”

A TABELA 2 mostra uma estimativa de consumo de servidores para cada 30 centímetros quadrados:

TABELA 2 - Consumo de servidores por densidade

Densidade	Consumo
3U a 5U	60 – 100 watts
1U (<i>racks</i>)	200 watts
1U e 1/2U (<i>blades</i>)	Até 400 watts

FONTE: ROBOHM; GUNDERSON (2009)

De uma forma geral, os *data centers* não foram projetados para ter a quantidade de servidores por metro quadrado como é possível através desta tecnologia. Isto faz com que a revisão do projeto do *data center* já existente seja de extrema importância antes da sua implementação e novos projetos necessitam desta análise para que possam suportar a demanda de alimentação e tenham resfriamento adequado.

2.3 Resfriamento

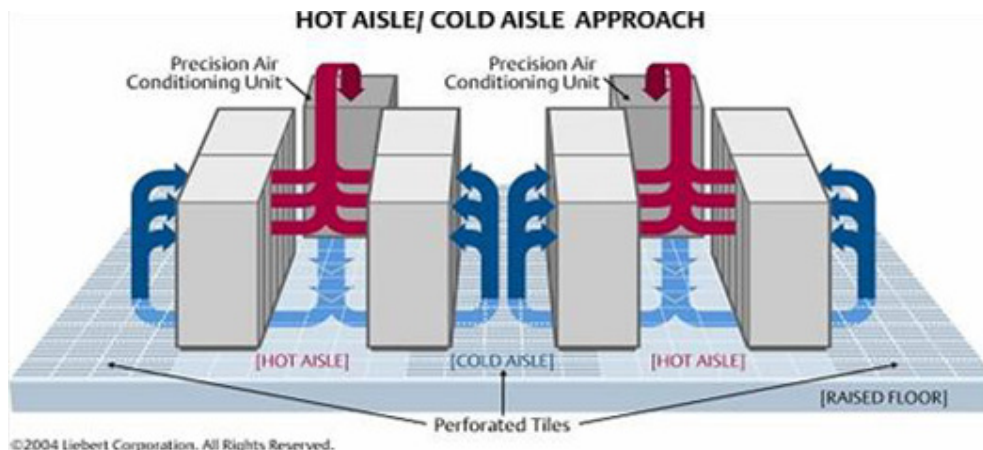
Em termos de resfriamento, quanto mais energia é necessária para executar um sistema, mais calor é gerado. Isso se traduz em pagar uma vez para alimentar os servidores e outra vez para resfriá-los. Um *rack* que utiliza 24 kW de energia demanda entre 78.000 a 81.000 BTU (*British Thermal Units*) de capacidade de resfriamento (GOLDWORM; SKAMAROCK, 2007).

Os *data centers* precisam de fluxo efetivo de ar para direcionar eficientemente o ar frio para os sistemas, ao mesmo tempo em remove o ar quente do ambiente.

Durante a operação, os sistemas elétricos e mecânicos presentes nos servidores produzem calor, que deve ser dissipado para fora do chassi para que tenha um funcionamento apropriado. Os *enclosures* onde são colocados os *blades* possuem ventiladores, cuja função é remover o ar quente gerado pelos servidores para fora do *rack*. Na maioria dos casos, o fluxo de ar segue sempre a mesma direção, puxando o ar frio da parte frontal do chassi para a parte traseira. Os chassis dos racks devem possuir grades perfuradas que permitam este fluxo corretamente.

Segundo Rasmussen (2011), 6 *enclosures* de *blades* de 7U instalados em um *rack* padrão de 42U geram um total de 18 kW para alimentação (3 kW por *enclosure*), sendo necessários outros 18 kW para resfriamento. Isso significa gerar aproximadamente 2500 cfm (pés cúbicos por minuto) ou 1180 L/s (litros por segundo) de ar frio para o fluxo de entrada, e retirar os mesmo 2500 cfm de ar quente no fluxo de saída. Este valor requer grande esforço do sistema de resfriamento, sendo necessária eficiência de todas as peças que formam o sistema (design eficiente do piso elevado, controle de obstáculos sob o piso, localização do sistema de ar condicionado, vazamento de ar). As unidades de resfriamento devem ser potentes o suficiente para resfriar esta quantidade de ar, pois de qualquer forma o fluxo será mantido, caso não consiga atingir a temperatura ideal, ar quente circulará pelo sistema.

Uma técnica eficiente utilizada em *data centers* é o planejamento e a disponibilização dos *racks*, de forma que ao invés de se ter todos os equipamentos direcionados para o mesmo sentido, estes são dispostos uns de frente aos outros. Dessa forma, tem-se corredores onde circula apenas o ar quente, dissipado da parte traseira dos equipamentos, e corredores onde circula apenas ar frio. O ar frio, gerado pelas unidades de refrigeração, é direcionado para a parte frontal dos equipamentos através grelhas de ventilação do piso elevado, gerando um fluxo correto de resfriamento da parte frontal para traseira dos equipamentos. A FIGURA 4 ilustra as filas de *racks* e o fluxo do ar.



FONTE: FUJITSU SIEMENS COMPUTERS; KNÜRR (2007)
 FIGURA 4 - Técnica de resfriamento com corredores de ar quente / ar frio

Este conceito de corredores de ar quente e frio foi criado por Robert Sullivan em 1992, na época funcionário da IBM (GOLDWORM; SKAMAROCK, 2007).

Entretanto esta técnica só irá gerar bons resultados se o fluxo de ar for apropriado, dessa forma, é necessário verificar qualquer impedimento na passagem do ar, como exemplo, cabos de rede e alimentação mal organizados, ausência da tampa frontal para posições vagas no *enclosure*, bloqueios nas grelhas e má organização da fiação na parte inferior do piso elevado.

A utilização de placas de acabamento também se mostra eficiente, pois impede que o ar dos corredores frios se desvie do fluxo desejado através de aberturas do *rack*. Desta forma, o ar frio entra diretamente pela face frontal dos servidores.

Algumas estratégias podem ser adotadas para refrigeração de *data centers* já existentes, desde distribuição de carga a reconstrução da locação, como demonstrado na TABELA 3.

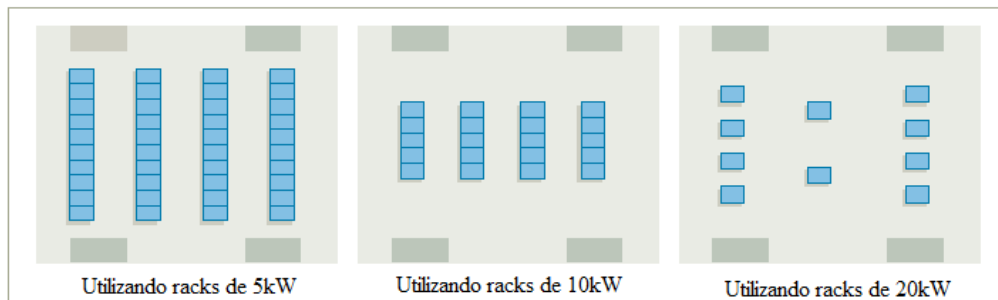
TABELA 3 - Aplicação das cinco abordagens de refrigeração de gabinetes de alta densidade

Abordagem	Vantagens	Desvantagens	Aplicação
1 Distribuição da carga Distribuir os equipamentos entre gabinetes para manter a carga máxima reduzida	Possível em qualquer tipo de instalação, sem necessidade de planejamento Basicamente gratuita em muitos casos	Os equipamentos de alta densidade precisam ser muito espalhados - mais ainda do que na abordagem 2 Utiliza mais espaço no piso Pode acarretar problemas de cabeamento de dados	Em data centers, quando os equipamentos de alta densidade representam apenas uma pequena parte da carga total
2 Empréstimo da capacidade de refrigeração Fornecer capacidade de refrigeração média com regras para permitir que se tome emprestada a capacidade subutilizada	Não é preciso adquirir novos equipamentos Basicamente gratuita em muitos casos	Permite no máximo cerca de 2 vezes a densidade de potência projetada Utiliza mais espaço no piso É necessário assegurar o cumprimento de regras complexas	Em data centers, quando os equipamentos de alta densidade representam apenas uma pequena parte da carga total
3 Refrigeração adicional Oferecer capacidade média de refrigeração, tomando providências para a possível instalação de equipamento de refrigeração adicional no futuro	Alta densidade, onde e quando necessário Programar o investimento de custo de capital Alto nível de eficiência Bom aproveitamento do espaço no piso	Permite no máximo cerca de 10 kW por gabinete Os racks e a sala devem ser projetados com antecedência	Em uma nova construção ou reforma Ambiente misto Não se sabe a localização dos equipamentos de alta densidade com antecedência
4 Área de alta densidade Criar uma fila ou área de alta densidade especial dentro do data center	Densidade máxima Ótimo aproveitamento do espaço no piso O equipamento de alta densidade não precisa ser espalhado Alto nível de eficiência	Necessidade de projetar uma área de alta densidade com antecedência ou reservar um espaço determinado É preciso segregar os equipamentos de alta densidade	Densidades de 10 a 25 kW por rack Quando é necessário colocar dispositivos de alta densidade juntos Em uma nova construção ou reforma
5 Sala Inteira Fornecer capacidade de refrigeração de alta densidade para todos os racks	Preve futuras situações	Altos custos de capital e operacionais que são até 4 vezes mais altos que os dos métodos alternativos Pode resultar em um grande superdimensionamento de infraestrutura	Em casos raros e extremos de grandes torres de equipamento de alta densidade com pouco espaço físico

Fonte: RASMUSSEN (2005)

Baseado nestas estratégias, é necessário fazer um levantamento da situação atual do *data center* e qual opção melhor atenderá ao modelo do negócio.

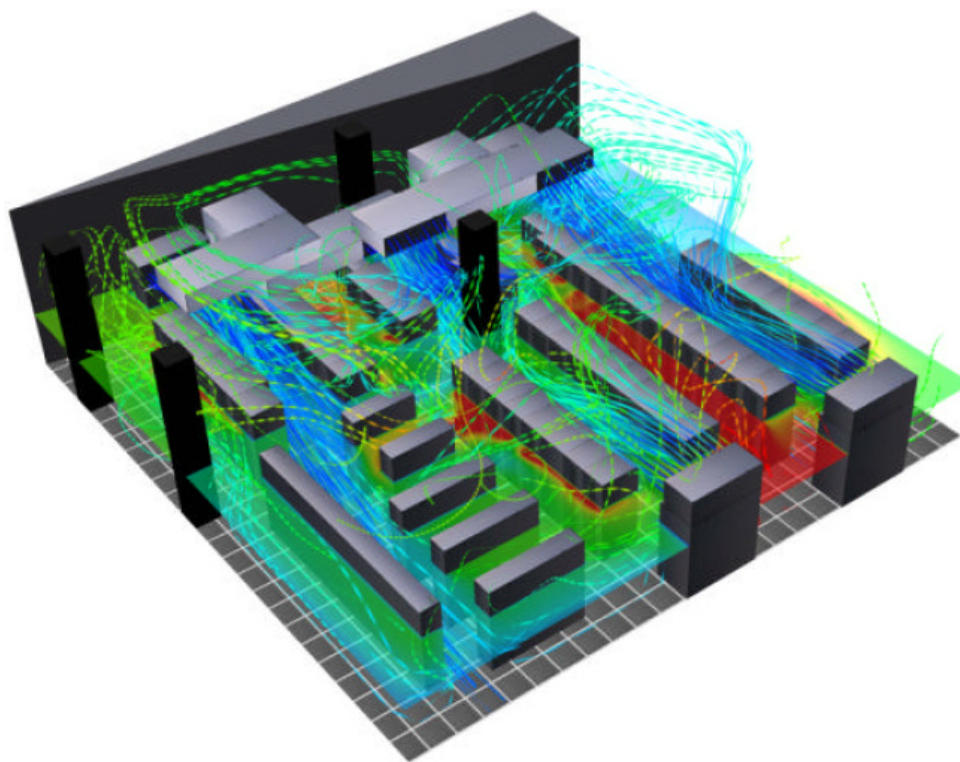
Outra técnica é criar um espaçamento maior entre *racks*, diminuindo o acúmulo de ar quente próximo a eles, permitindo maior fluxo de ar nas laterais, como mostra a FIGURA 5.



FONTE: ROBOHM; GUNDERSON (2009)

FIGURA 5 - Disponibilização de racks no data center de acordo com consumo

Dependendo da complexidade da instalação, é interessante realizar uma simulação computacional 3D com a representação dos fluxos de ar e temperaturas para verificar a eficácia do sistema proposto, como mostra o modelo da *APC Professional Services* na FIGURA 6.



FONTE: RASMUSSEN (2005)

FIGURA 6 - Modelo de Dinâmica dos Fluidos Computacional 3D

A partir dos resultados obtidos pelo modelo de dinâmica dos fluidos computacionais, podem ser analisadas alterações da disposição das filas de racks, da localização do sistema de refrigeração de ar e demais estruturas que possam estar bloqueando ou dificultando o fluxo correto do ar no ambiente.

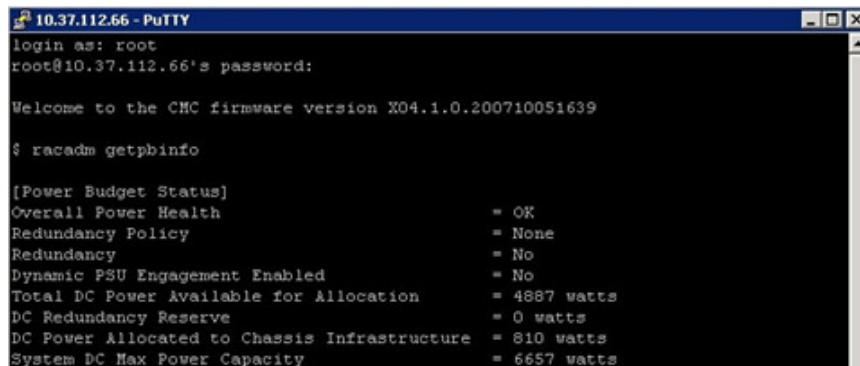
2.4 Gerenciamento

O gerenciamento do sistema de *blades* é fácil e centralizado (Dell *Enterprise Technology Center*, 2010). Os sistemas mais modernos oferecem soluções modulares e redundantes de gerenciamento implementada por *hardware* e *software* dedicados, gerenciáveis através de interface web, *Secure Shell* (SSH), telnet, protocolo *Simple Network Management Protocol* (SNMP), porta serial, além de padrões específicos de cada fabricante, como o *Integrated Dell Remote Access Controller* (iDRAC), da Dell, o *Remote supervisor adapter* (RSA), da IBM e o *Integrated Lights-Out* (iLO), da HP.

Dentre as principais funções das centrais de gerenciamento, são destacadas:

- Configurações básicas do chassi como identificação, configurações de rede, gerenciamento de energia (fontes de alimentação, consumo atual, limites máximo e mínimo de alimentação, picos de energia, redundância, políticas de gerenciamento). Fornece otimização do consumo de energia, realocando a alimentação para diferentes módulos do sistema baseado na demanda;
- Informação em tempo real do funcionamento de cada *blade* individualmente;
- Configuração dos módulos de Entrada e Saída (E/S);
- Situação em tempo real das ventuinhas (*fans*) e sensores de temperatura;
- Situação do KVM (*Keyboard, Video and Mouse*) para compartilhamento de teclado, vídeo e *mouse* localmente;
- Captura de *logs* (eventos do sistema, falhas de *hardware*, alertas ou erros relacionados à temperatura, erros de *hardware*, interrupções de energia, velocidades das ventoinhas), envio de alertas automáticos por e-mail, permite configuração de *traps* SNMP.

A FIGURA 7 demonstra informações recebidas através de interface SSH.



```

10.37.112.66 - PuTTY
login as: root
root@10.37.112.66's password:

Welcome to the CMC firmware version X04.1.0.200710051639

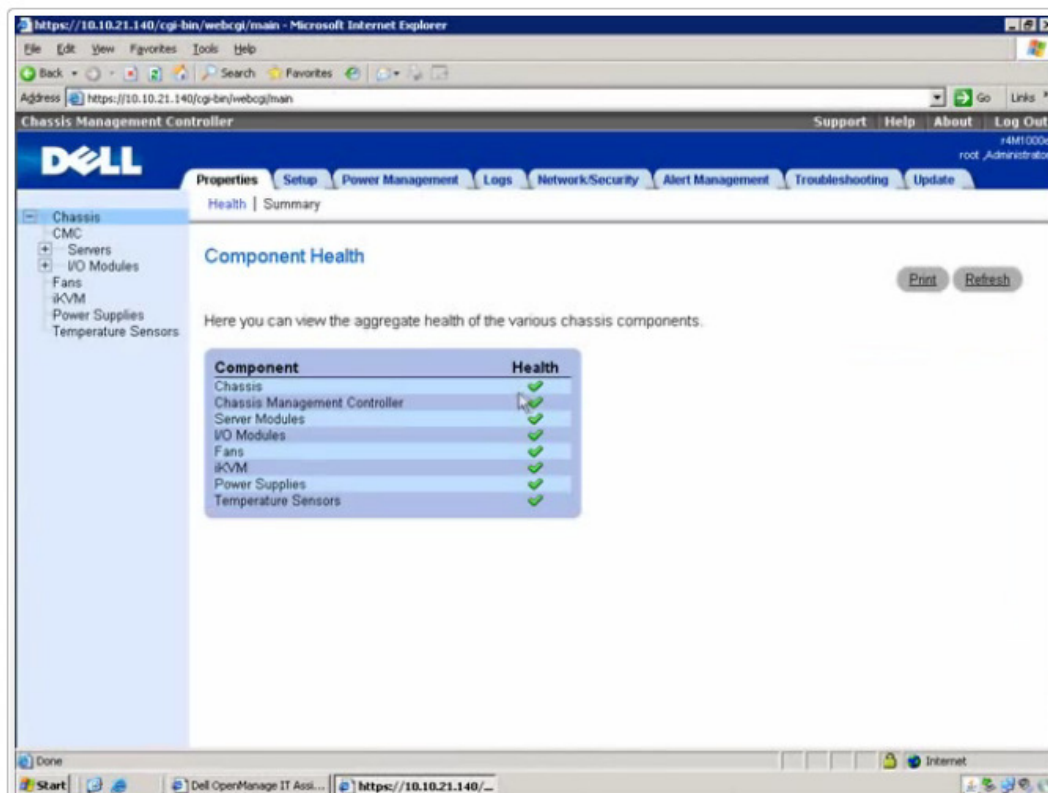
$ racadm getpbinfo

[Power Budget Status]
Overall Power Health           = OK
Redundancy Policy              = None
Redundancy                     = No
Dynamic PSU Engagement Enabled = No
Total DC Power Available for Allocation = 4887 watts
DC Redundancy Reserve          = 0 watts
DC Power Allocated to Chassis Infrastructure = 810 watts
System DC Max Power Capacity   = 6657 watts
  
```

FONTE: Dell *Enterprise Technology Center* (2010)

FIGURA 7 - Gerenciamento de energia do *Enclosure* Dell M1000e através de linha de comando

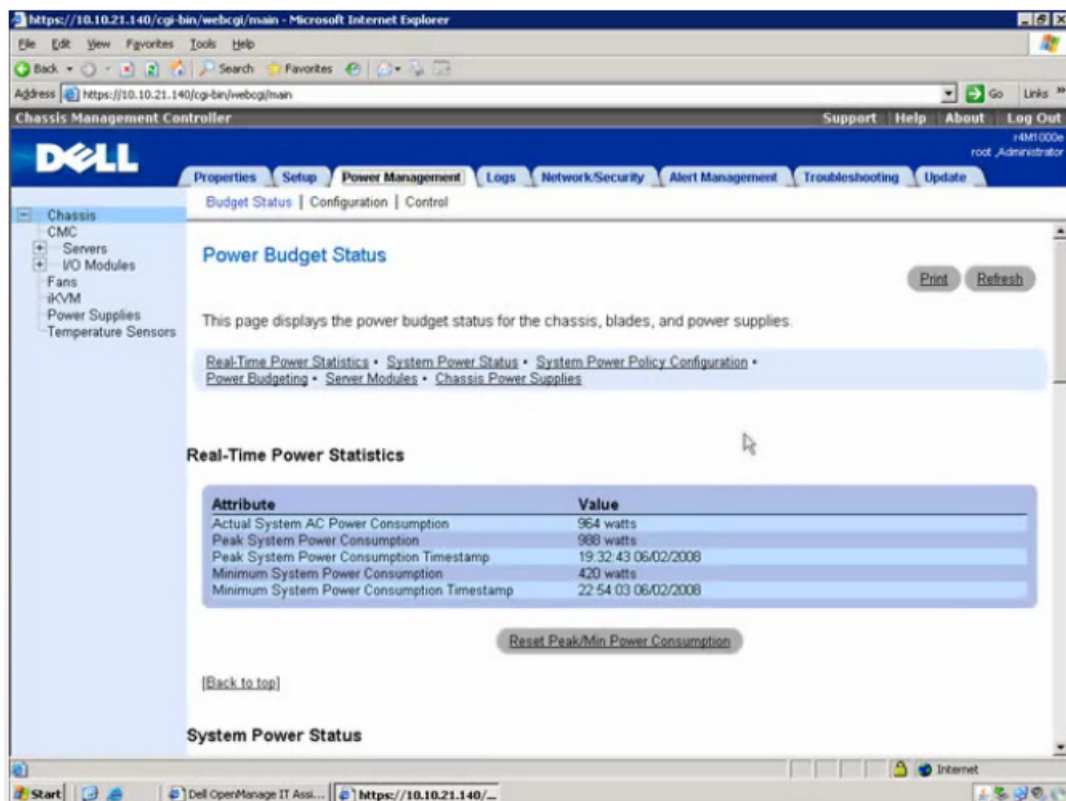
A FIGURA 8 mostra a interface *web* para gerenciamento do *enclosure* Dell PowerEdge M1000e através do *Chassis Management Controller (CMC)*. Pode ser observado na tela de propriedades gerais a situação geral dos componentes do *enclosure* (chassis, próprio CMC, módulos de servidores, módulos de E/S, ventoinhas, KVM, fontes de alimentação e sensores de temperatura).



FONTE: Dell Enterprise Technology Center (2010)

FIGURA 8 – DELL CMC para gerenciamento do *enclosure* via interface *web*

Na FIGURA 9 é possível observar informações de gerenciamento de energia calculadas em tempo real, com o consumo de energia do chassis, dos *blades* e fontes de alimentação.



FONTE: Dell *Enterprise Technology Center* (2010)

FIGURA 9 – Status do gerenciamento de energia do *enclosure* Dell M1000e

A facilidade no gerenciamento dos servidores se traduz em redução de custos para as empresas, com menor alocação de recursos para gerenciamento e manutenção dos sistemas (Dell *Enterprise Technology Center*, 2010).

3 COMPARATIVOS ENTRE SOLUÇÕES PADRÃO

Analisando isoladamente, cada formato de servidores possui suas vantagens, variando de acordo com a necessidade do negócio, que devem ser analisadas antes de qualquer implementação. Em seguida serão discutidas as vantagens e desvantagens da tecnologia Blade em relação a outros formatos padrão.

3.1 Vantagens com relação aos formatos padrão (*Rack / Torre*)

Contudo, segue as principais características que fazem dos servidores *blade* uma opção contra os servidores padrão, segundo UBM Tech Web (2010):

- Sua alta densidade permite melhor utilização do espaço e recursos do *data center*, oferecendo maior processamento em menor espaço físico, provendo escalabilidade e maior flexibilidade na expansão do *data center*;
- Por utilizar dispositivos dedicados a toda solução, a alimentação e resfriamento são otimizados em relação às demais tecnologias, provendo menor consumo de energia e maior confiabilidade do sistema;
- Possui avançadas ferramentas para gerenciamento centralizado, diminuindo a carga e custos relacionados a TI para esta atividade;
- Fornece diminuição da complexidade dos dispositivos de rede e armazenamento de dados através de soluções modulares que podem ser acopladas ao *enclosure*;
- Maior facilidade na instalação física e interconexões com demais dispositivos de TI;
- Excelente opção para uso combinado à virtualização de servidores.

3.2 Desvantagens com relação aos formatos padrão (*Rack / Torre*)

Apesar da tecnologia dos servidores *blade* trazerem grandes benefícios para as empresas, ela não é vantajosa em 100% dos casos.

Assim como este formato de servidores evoluiu ao longo dos últimos anos, outros formatos como *rack* e *torre*, também tiveram seus progressos, e se mostram melhores opções em determinadas situações.

A tecnologia de servidores de alta densidade é mais cara se comparada à tecnologia de baixa densidade. Além disso, como os servidores *blade* necessitam dos *enclosures* para estrutura, alimentação de energia e resfriamento, seu investimento inicial é maior quando comparado as demais tecnologias, como o servidor tipo *rack*, disposto diretamente no *rack*, e

o servidor tipo torre, que não necessita de qualquer estrutura adicional ou configuração física para funcionamento.

Para pequenas e médias empresas com interesse em adquirir poucos servidores, que não prevêem crescimento a curto e médio prazo, o tempo para retorno de investimento para *blades* se torna maior, pois os benefícios da tecnologia não serão aproveitados. Neste caso, os servidores formato torre se tornam opções mais atrativas, já que demandam menor investimento.

Blades também não são boa opção para empresas que não possuam *data center* ou infraestrutura adequada, pois como visto anteriormente, diversos cuidados no ambiente são necessários para manter este tipo de tecnologia.

4 ESTUDOS DE CASO

A seguir serão descritos dois estudos de caso de corporações que implantaram soluções utilizando *blades* e tiveram o retorno esperado.

4.1 Caso 1: Centro de Tecnologia Microsoft

O centro de tecnologia da empresa Microsoft, localizado em Irvine, Califórnia (Estados Unidos da América) é uma das 17 instalações da empresa utilizada para demonstrações, consultoria para soluções e testes conceituais.

A disponibilidade de espaço estava sendo uma barreira para a corporação, que optou por uma readequação de seus equipamentos, buscando redução de espaço físico, redução do consumo de energia, resfriamento e manutenção dos sistemas. Em contrapartida, o sistema deveria prover um poder de processamento capaz de atender as necessidades do negócio.

A melhor solução encontrada foi a substituição de 36U de servidores em formato *rack* e unidades de armazenamento, para uma unidade do *enclosure* BladeSystem c3000, da empresa Hewlett-Packard, que utiliza apenas 6U, apresentando redução de 83% de espaço físico. Foram 12 servidores *rack* consolidados em 5 servidores *blade* HP ProLiant BL460c, rodando o *software* Microsoft Virtual Server e hospedando 15 servidores virtuais, e 1 HP StorageWorks SB40c *storage blade* para armazenamento de dados.

Além da redução de espaço, a solução trouxe diversos benefícios para a TI e para a empresa: facilidade no gerenciamento dos servidores resultou em uma redução de 99% nas visitas às instalações, de 12 por mês para apenas 2 ao ano; 30% de redução de horas para administração dos servidores; redução de 90% do cabeamento, que também resultou em significativa redução na alimentação e resfriamento do ambiente.

Segundo Dean Bethke, a solução simplificou radicalmente o ambiente e permitiu prover mais serviços de melhor qualidade para os consumidores e times internos (HEWLETT-PACKARD, 2009).

4.2 Caso 2: Tutor Perini Corporation

Após fusões e aquisições, a empresa de construção civil Tutor Perini *Corporation*, sediada em Sylmar, Califórnia (Estados Unidos da América), encontrou um grande desafio para manter e gerenciar suas cinco unidades de *data centers*. A solução encontrada foi a construção de um único novo *data center*, que seria compartilhado por todas as entidades da empresa.

A meta da empresa foi criar um *data center* que tivesse custos operacionais reduzidos, gerenciamento simplificado e que permitisse disponibilidade das aplicações. Após estudos com três fabricantes, foi adotada a solução *Unified Computing System* (UCS), da empresa Cisco Systems, que unifica servidores *blade*, dispositivos de rede, armazenamento de dados e virtualização em um único sistema.

O projeto conseguiu consolidar 230 servidores e 75 dispositivos de rede para 4 chassis Cisco UCS, ocupando somente duas linhas no *data center* e provendo suporte para mais de 7500 usuários.

Comparando o custo do projeto e operação do novo *data center* com uma eventual atualização do parque de servidores anteriores, a empresa calculou que o investimento se pagaria em 36 meses, tendo como fatores essenciais a redução de gastos com cabeamento, alimentação do *data center*, resfriamento e despesas gerais.

Segundo James McGibney, a solução com apenas 4 cabos trouxe redução de custos com material e facilidade no gerenciamento, além de contribuir para a redução de consumo de energia e resfriamento por permitir melhor fluxo de ar. Esta redução foi mensurada em 38% com relação à solução anterior (CISCO SYSTEMS, 2009).

5 CONCLUSÕES

Como visto no trabalho, a tecnologia de servidores *blade* é uma excelente solução para médias e grandes empresas, pois beneficiam os sistemas computacionais com eficiência energética, redução de custos, redução do espaço físico, facilidade de gerenciamento e rápido retorno de investimento. Entretanto, micro e pequenas empresas podem não usufruir de seus benefícios devido ao elevado custo inicial da tecnologia, estruturação física e por terem baixa necessidade de processamento. Neste caso, outras tecnologias como servidores torre ou *rack* poderiam ter melhor custo benefício.

Quando analisada a questão de consumo eficiente de energia, assim como nas análises dos estudos de caso, pudemos observar que o avanço na tecnologia desta solução, se utilizada da maneira correta, oferece diversos benefícios em diferentes aspectos, que geram substancial retorno de TCO.

Cada ambiente de TI possui sua particularidade, que deve ser observada e analisada com cuidado para que as características desta tecnologia sejam convertidas em bons resultados para o *data center* e para a empresa, ao invés de causar mais dificuldades.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

80 PLUS. *80 PLUS Certified Power Supplies Increase the Reliability of Desktop Computers and Servers*. [entre 2006 e 2011] 1 p. Disponível em:

<http://www.plugloadsolutions.com/docs/collatrl/print/80plus_heat_reliability.pdf> Acesso em 18 nov. 2011.

BRUNDTLAND, Gro H. *Report of the World Commission on Environment and Development*. 1987. 174 p. Disponível em: <<http://worldinbalance.net/pdf/1987-brundtland.pdf>> Acesso em 19 nov. 2011.

Carbon Footprint. 2011. Disponível em:

<<http://www.carbonfootprint.com/carbonfootprint.html>> Acessado em 14 nov. 2011.

CISCO SYSTEMS. *Construction Company Changes Data Center Economics*. 2009. 4 p. Disponível em:

<http://www.cisco.com/web/services/casestudy/docs/External_CaseStudy_TutorPerini_August2009.pdf> Acesso em 10 out. 2011.

COXE, K. C. *Thermal Design of the Dell Poweredge M-Series*. 2010.

Disponível em:

<http://www.dell.com/downloads/global/products/pedge/en/pedge_mseries_thermal_design.pdf> Acesso em 12 set. 2011

DELL. *Dell PowerEdge Servers Portfolio Guide*. 2011. 21 p. Disponível em:

<<http://i.dell.com/sites/content/business/solutions/brochures/en/Documents/PowerEdge-Portfolio-Brochure-2011.pdf>> Acesso em 15 set. 2011.

Dell Enterprise Technology Center. *Dell PowerEdge M1000e Blade Chassis Management Controller (CMC)*. 2010. Disponível em:

<http://content.dell.com/us/en/dfod/videos~en/Documents~blade_techcenter_cmc-demo_640x480.flv.aspx> Acesso em 12 set. 2011.

FUJITSU SIEMENS COMPUTERS e KNÜRR. *Infraestruturas eficientes de Energia para Datacenters*. 2007. Disponível em:

<http://www.knurr.com.br/PDFs/Infraestruturas_Eficientes_DrKoch_e_Fujitsu.pdf> Acesso em 25 set. 2011

GOLDWORM, Barb; SKAMAROCK, Anne. *Blade Servers and Virtualization*. 1. Ed. Indiana: Wiley Publishing, Inc. 2007. 411 p.

Greenpeace Portugal. *Aquecimento Global*. Disponível em

<<http://www.greenpeace.org/portugal/pt/O-que-fazemos/oceanos/aquecimento-global/>> Acesso em 21 out. 2011.

HEWLETT-PACKARD. *Microsoft Technology Center discovers small is beautiful with HP BladeSystem*. 2009. 2 p. Disponível em:

<<http://h20195.www2.hp.com/v2/GetPDF.aspx/4AA1-4310ENW.pdf>> Acesso em 10 out. 2011.

- IBM. *Servidores Blade*. 2011. Disponível em <<http://www.ibm.com/br/systems/bladecenter/chassis/index.phtml>> Acesso em 18 out. 2011.
- _____. *Virtualization in Education*. 2007. Disponível em: <<http://www-07.ibm.com/solutions/in/education/download/Virtualization%20in%20Education.pdf>> Acesso em 10 set. 2011.
- IBM System x. *Portifólio de eficiência em energia IBM Cool Blue*. 2010. Disponível em: <<http://www.ibm.com/br/systems/x/power/bladecenter.phtml>> Acesso em 14 set. 2011.
- IDC. *Worldwide Quarterly Server Tracker*. 2010. Disponível em: <<http://www.blade.org/>> Acesso em 08 set. 2011.
- INFO Exame. *Seis riscos da virtualização em servidores*. 2010. Disponível em: <<http://info.abril.com.br/noticias/corporate/seis-riscos-da-virtualizacao-em-servidores-17032010-24.shl>> Acesso em 10 set. 2011.
- INFO TECH. *Green IT: Why Mid-size Companies Are Investing Now*. 2009. 19 p. Disponível em: <<http://www-03.ibm.com/press/attachments/GreenIT-final-Mar.4.pdf>> Acesso em 19 nov. 2011.
- MORIMOTO, Carlos E. *Servidores: Racks, blades e torres*. 2010. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/dicas/racks-blades-torres.html>> Acesso em 05 set. 2011.
- RASMUSSEN, Neil. *Cooling Strategies for Ultra-High Density Racks and Blade Servers*. Schneider Electric. 2011. 19 p. Disponível em: <http://www.apcmedia.com/salestools/SADE-5TNRK6_R7_EN.pdf> Acesso em 19 nov. 2011
- _____. *Estratégias de Instalação de Servidores Blade em Data Centers*. American Power Conversion. 2005. 17 p. Disponível em: <www.apcmedia.com/salestools/NRAN-69M6RX_R0_BR.pdf> Acesso em 08 set. 2011.
- _____. *Gerenciamento da alimentação elétrica e de refrigeração para data centers*. Schneider Electric. 2010. Disponível em: <http://www.apcmedia.com/salestools/NRAN-6C25XM_R1_BR.pdf> Acesso em 19 nov. 2011.
- REINHARD, N. *Evolução das ênfases gerenciais e de pesquisa na área de tecnologia de informática e de telecomunicações aplicada nas empresas*. RAUSP- Revista de Administração, São Paulo, v.31, n.4, 1996, p 5-6.
- ROBOHM, Karl; GUNDERSON, Steven. *Data Center Optimization: Beware of the Power Density Paradox*. Transitional Data Services. 2009. 9 p. Disponível em: <http://www.transitionaldata.com/insights/TDS_DC_Optimization_Power_Density_Paradox_White_Paper.pdf> Acesso em 02. nov. 2011
- Symantec. *Symantec Study Reveals Global 2000 Struggle To Adopt "Green" Data Centers*. 2007. Califórnia, Estados Unidos da América. Disponível em: <http://www.symantec.com/about/news/release/article.jsp?prid=20071120_02> Acesso em 14 nov. 2011.

Super Computadores no radar. Disponível em:

<<http://www.supercomputadores.noradar.com/>> Acesso em 09 set. 2011.

UBM TECH WEB. *Blade Servers: The Answer to 5 Critical Data Center Challenges*. 2010. 6 p. Disponível em: <<http://marketing.dell.com/dc-answers-pcq1>> Acesso em 18 nov. 2011.

VMWARE. Disponível em:

<http://info.vmware.com/content/GreenIT_LP/?src=WWW_08Q3_VMW_CSGN_ENERGY_EFFICIENCY_SOLUTIONS_PAGE> Acessado em 10 out. 2011.

_____. *How VMware Virtualization Right-sizes IT Infrastructure to Reduce Power Consumption*. 2008. 6 p. Disponível em:

<http://info.vmware.com/content/GreenIT_LP/?src=WWW_08Q3_VMW_CSGN_ENERGY_EFFICIENCY_SOLUTIONS_PAGE> Acessado em 18 nov. 2011.