



A VIRTUALIZAÇÃO E OS EFEITOS NA MÉTRICA DE PUE

Michel Felipe Goulart da Silveira

Resumo: Os datacenters atuais são os grandes provedores de serviços de TI (Tecnologia da Informação) e grandes consumidores de energia elétrica. Sua eficiência operacional acaba sendo avaliada pela sua eficiência energética, e uma das maneiras utilizadas para alcançar essa melhora na eficiência, é a virtualização de seus ativos. Este trabalho tem como objetivo apresentar aspectos positivos e negativos gerados pela implantação da técnica de virtualização em datacenters convencionais. Será apresentada a influência direta gerada pela virtualização na métrica de eficiência energética utilizada em datacenters, o PUE (*Power Usage Effectiveness*), e os fatores que elevam a eficiência energética, quando tais técnicas são aplicadas corretamente.

Palavras-chave: Virtualização, Datacenter, *Power Usage Effectiveness* (PUE).

1 INTRODUÇÃO

Quando nos referimos a datacenter, podemos citar algumas das maiores empresas do mundo que utilizam essa infraestrutura física para a prestação dos mais diversos serviços de TI, tais como Google, Amazon, Microsoft e etc. De acordo com Faccioni (2016), os datacenters são considerados ambientes de missão crítica já que trabalham com alta disponibilidade previstas em contrato, operando 24 horas por dia, 7 dias por semana e 365 dias por ano. Qualquer parada do sistema de processamento ou armazenamento de dados e informações, podem gerar prejuízos financeiros ou colocar em risco vidas humanas, dependendo da atividade desempenhada. Para que suas atividades possam ser desempenhadas, o datacenter possui alguns espaços, como sala de



computadores, climatização, distribuição elétrica, fonte de alimentação ininterrupta, conhecida pelo acrônimo UPS (sigla em inglês de *uninterruptible power supply*), detecção e supressão de incêndio, segurança e controle, espaço de suporte entre outros. Este trabalho se limita a abordar somente questões de eficiência energética na sala de computadores, já que, no local, situam-se os servidores, equipamento onde é aplicada a virtualização.

Segundo Faccioni (2016), a carga crítica de TI, onde todo o processamento acontece, corresponde de 40 a 50% da energia disponível no datacenter, cargas mecânicas de 35 a 45%, UPS e baterias de 10 a 11%, iluminação 3% e suporte 5%. Levando em conta essa informação, somente os ativos de TI consomem aproximadamente 60% dos 50% da energia disponibilizada à carga crítica. Para se ter uma noção da criticidade e do consumo envolvido nessa operação, os datacenters consomem anualmente cerca de 40 milhões de KW/h. A Figura 1 apresenta uma média de consumo da carga crítica de TI.

Como podemos observar, de toda a energia fornecida a carga crítica de TI, 63% é consumida somente pelos servidores e outros equipamentos responsáveis pelo processamento da informação em um datacenter.

No intuito de otimizar e diminuir esse consumo de energia elétrica pelos servidores, novas tecnologias surgiram, como por exemplo, a virtualização de servidores. Uma das principais vantagens da aplicação dessa tecnologia seria a economia de espaço físico e economia elétrica, sendo a segunda opção a mais interessante e valiosa em termos de eficiência elétrica.

A virtualização consiste em *software* voltado para a simulação de uma plataforma de *hardware*, sistema operacional, dispositivo de armazenamento ou recursos de rede, criando, assim, um sistema computacional virtual[...]. A principal motivação para o desenvolvimento da tecnologia de virtualização foi econômica, uma vez que racionaliza o uso de servidores. (ROSARIO, 2016, p. 18).



É preciso observar neste trabalho que, em nenhum momento, a virtualização será vista como uma prática que prejudique o datacenter em termos de eficiência energética e que não deve ser utilizada, muito pelo contrário, é fato que a virtualização traz muitos benefícios a um datacenter. O objetivo do artigo é mostrar alguns conceitos relacionados a virtualização e a sua aplicação em servidores já que é uma tendência a ser seguida, pois traz muitas vantagens relacionadas a gerenciamento, economia e eficiência energética. E em contrapartida, também serão descritas algumas das consequências negativas advindas do processo de virtualização quando aplicadas em datacenter já em operação, projetados e operando de modo convencional, ou seja, com servidores não virtualizados.

O artigo está dividido em quatro seções distintas. A seção dois apresenta conceitos relacionados a eficiência energética do datacenter, objetivo que é alcançado com a aplicação da virtualização. Na seção três, conceitos referentes a virtualização e as suas vantagens para a infraestrutura física do datacenter. Já a seção quatro, os efeitos decorrentes da virtualização de servidores, tanto positivos como negativos. Ao final, serão apresentadas as conclusões baseadas no que foi descrito no artigo.

2 A MEDIÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM DATACENTER

Datacenters são grandes consumidores de energia elétrica devido ao consumo energético e o calor gerado pelo crescente número de equipamentos eletrônicos. Atualmente, esses equipamentos são utilizados no processamento e armazenamento de informações. De maneira equivalente ao consumo energético dos ativos, a mesma quantidade de energia é utilizada nos sistemas de refrigeração, para que o calor gerado pelos equipamentos eletrônicos possa ser retirado do ambiente de maneira eficaz.



A eficácia energética é a capacidade dos equipamentos desempenharem as atividades propostas, executar as suas funções de maneira que atendam a um fim de forma satisfatória. Já a eficiência energética, se preocupa em prover a operação do equipamento com o mínimo de recursos possível, no caso, a energia elétrica.

De acordo com Faccioni (2016), alguns fatores impactam diretamente na eficiência energética dos datacenters. São eles: tipo e qualidade dos equipamentos, projeto da infraestrutura física e instalação, e operação e manutenção através de ferramentas especializadas como um DCIM (*Data Center Infrastructure Management*). Para ambientes de missão crítica, como os datacenters, a ferramenta DCIM pode ser considerada uma solução de monitoramento e gestão dessa infraestrutura. Por meio da utilização do DCIM é possível ter uma visão geral do datacenter e seu estado atual, em tempo real, quanto ao seu consumo elétrico por exemplo.

A eficiência energética da infraestrutura física do datacenter pode ser medida por meio da métrica PUE (*Power Usage Effectiveness*), conforme demonstra na Figura 1.

$$PUE = \frac{\text{Potência total consumida pelo data center}}{\text{Potência consumida pelos equipamentos de TI}}$$

Figura 1 - Fórmula da eficiência energética - PUE

Fonte: Faccioni (2016).

É válido observar que a métrica PUE deve ser somente utilizada para medir a eficiência da energia e resfriamento da infraestrutura física do datacenter, e não a eficiência dos equipamentos de TI. O PUE é expresso como a proporção entre a energia de entrada total do datacenter e a potência de carga de TI. Observando a fórmula, é possível concluir que, para considerar um

datacenter 100% eficiente, toda a energia fornecida para o datacenter chegaria a carga crítica de TI, resultando num PUE igual a 1,0.

Como pode ser observado na Figura 2, levando em conta a eficiência energética da infraestrutura física do datacenter como um todo, quanto maior a porcentagem de utilização de energia pela carga de TI, menor será o valor do PUE. Isso significa que, 100% de toda a energia fornecida está sendo utilizada pela carga de TI, não havendo desperdício.

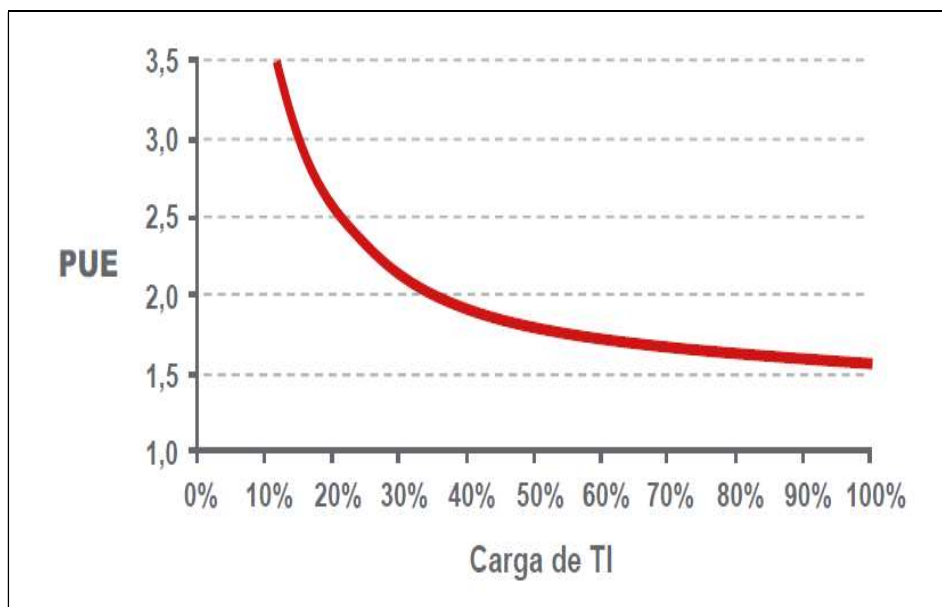


Figura 2 - Carga TI x PUE

Fonte: Rasmussen (2015d).

Como os datacenters são grandes consumidores de energia, e a energia é a fonte primária de seu funcionamento, é possível se ter uma ideia clara da importância que a eficiência energética tem na operação de um datacenter, e que, qualquer melhoria na infraestrutura pode ser muito bem-vinda em termos de economia operacional.

3 VIRTUALIZAÇÃO DE SERVIDORES

A virtualização, de acordo com Rosario (2016), é um *software* que simula uma plataforma de *hardware*, sistema operacional, dispositivos de armazenamento ou recursos de rede. Pode ser visto também como uma técnica de execução de um ou mais servidores virtuais sobre um servidor físico, permitindo uma maior densidade de uso de recursos.

Como pode ser visualizado na Figura 3, a virtualização viabiliza a execução de vários sistemas operacionais e aplicativos em um único servidor, ou seja, um único servidor físico é capaz de hospedar diversos servidores virtuais.

Esse processo acaba tendo uma grande importância em termos de economia energética, pois como um servidor físico agora hospeda vários servidores virtuais, é possível se desligar máquinas ociosas ou subutilizadas.

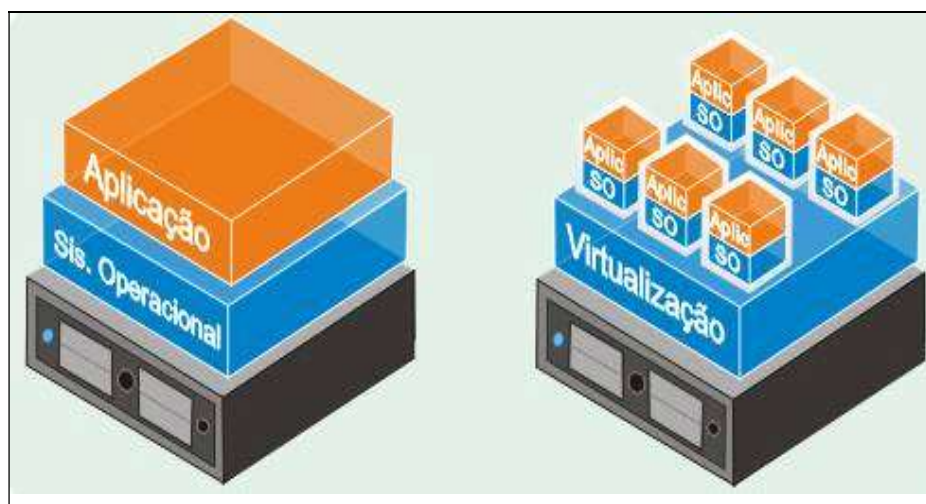


Figura 3 – Processo de virtualização de servidores.

Fonte: Teleco (2016).

A principal motivação para o desenvolvimento da tecnologia de virtualização foi econômica, uma vez que racionaliza o uso de servidores. (ROSARIO, 2016, p. 18).



O mercado atual disponibiliza algumas soluções para a implantação dessa tecnologia, tais como: Hyper-V (Microsoft), ESX (VMWare), Xen (Citrix), Virtual Box, Qemu, VMWare, Microsoft Virtual PC, BootCamp ou Parallels, e etc.

A utilização dessa tecnologia, a virtualização, busca um objetivo principal, otimização e economia de energia, porém, ao utiliza-la torna-se necessário projetar uma infraestrutura capaz de suporta-la, pois a virtualização poderá beneficiar, ampliar e facilitar o poder computacional do datacenter, mas consequentemente poderá trazer impactos negativos na sua infraestrutura quando não projetada da forma correta, pois recursos energéticos e de refrigeração podem ser mais exigidos quando feito uso de tais técnicas.

Segundo Veras e Carissimi (2015), cada organização possui as suas necessidades e características particulares, sendo que as mesmas precisam ser muito bem analisadas antes de se adotar a virtualização. É preciso se fazer um levantamento da infraestrutura atual e quais objetivos se quer alcançar.

Com um planejamento bem elaborado, pode-se atingir os seguintes benefícios com a virtualização:

- Redução de espaço físico;
- Redução do consumo de energia;
- Flexibilidade na disponibilidade de novos servidores;
- Padronização;
- Gerenciamento centralizado;
- Alta disponibilidade;
- Recuperação de desastres, etc.

Veras e Carissimi (2015) afirmam que um projeto de virtualização necessita de muito cuidado, já que definir a infraestrutura física para suportar o ambiente virtualizado não é uma tarefa fácil, pois pode envolver diversas



variáveis. É necessário se levar em consideração a necessidade de crescimento do ambiente e o consumo de recursos de algumas funcionalidades.

Na seção a seguir serão mostrados alguns dos aspectos negativos da virtualização decorrentes de falta ou falha de um planejamento adequado para a sua implantação.

4. EFEITOS DA VIRTUALIZAÇÃO

A seguir serão apresentados alguns efeitos positivos e negativos que a virtualização dos ativos poderá trazer a um datacenter convencional, bem como os pontos de atenção a serem observados quando aplicada a virtualização nestes ambientes. A seção 4.1 apresenta os conceitos de servidores de alta disponibilidade, a sua alta capacidade de processamento e o seu impacto na refrigeração. Formas de como resolver este problema também são apresentadas. A seção 4.2 descreve os efeitos da redução de carga na eficiência energética do datacenter. E, na seção 4.3, os impactos dessas mudanças na métrica PUE.

4.1 O USO DE SERVIDORES DE ALTA DENSIDADE EM DATACENTER CONVENCIONAL

Em linhas gerais, quando um datacenter é projetado para operar com servidores de alta densidade, a tendência é que se tenha uma quantidade menor de equipamentos, concentrando todo o poder de processamento nas máquinas virtualizadas, e irão, conseqüentemente, consumir muito mais energia e refrigeração devido ao aumento de processamento.

Quando existe um planejamento, havendo monitoramento e gerenciamento adequado, os resultados tendem a ser benéficos, caso contrário pode haver uma perda de eficiência energética. Normalmente um rack de

servidores, que possui uma densidade maior que 10KW, é considerado de alta densidade. A Figura 4 demonstra a potência média demandada pelos servidores em um datacenter não virtualizado operando com baixa densidade e servidores virtualizados, agora operando com alta densidade.

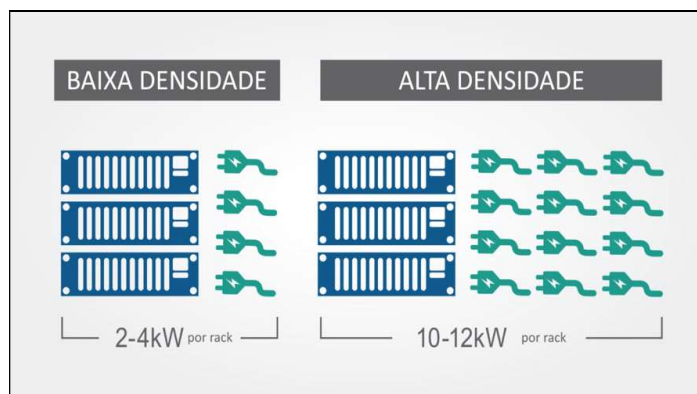


Figura 4 - Consumo de servidores de baixa e alta densidade.

Fonte: Veras e Carrisimi (2015).

Inevitavelmente a alta densidade em um servidor é uma resultante do processo de virtualização. Servidores virtualizados tendem a ser agrupados e consolidados sem servidores físicos, e podem acabar criando pontos concentrados de calor.

Isso acontece pelo motivo de que a climatização está padronizada para uma faixa de operação e, devido ao aumento de processamento e consequentemente o aumento de calor, a climatização não atende mais aos requisitos anteriores. Normalmente, o processo de virtualização acontece em uma relação de 10:1, 20:1 ou as vezes até em uma proporção maior, ou seja, 1 servidor virtualizado substitui 10 ou 20 servidores físicos. Isso significa que, um processador que utilizava de 5-10% de sua capacidade de processamento, agora pode chegar a 50% ou mais. Em datacenters convencionais, a alta densidade quando não gerenciada de maneira correta, pode ocasionar perda de eficiência na refrigeração, pontos de concentração de calor, desligamento por

alta temperatura ou até sobrecarga de circuito. Todos os itens mencionados estão diretamente relacionados com a eficiência energética do datacenter. Na Figura 5 é apresentada a climatização do datacenter quando está operando de maneira estável. Já na Figura 6 é possível visualizar os efeitos da virtualização, quando um datacenter não está devidamente projetado para suportar servidores de alta densidade.

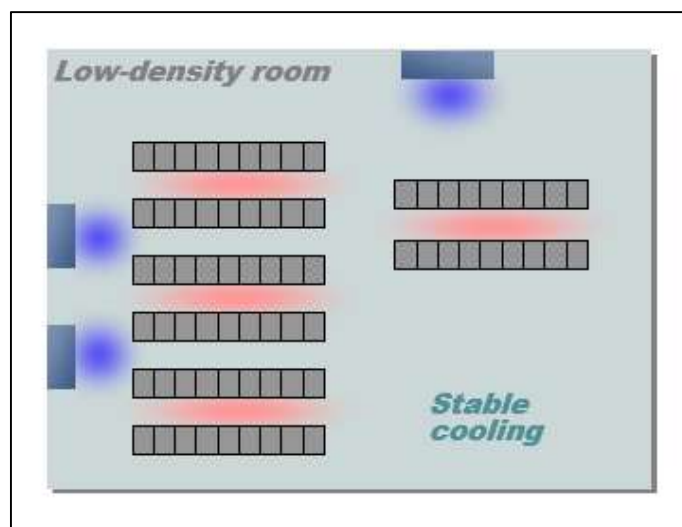


Figura 5 - Datacenter sem virtualização.

Fonte: Rasmussen e Avelar (2015).

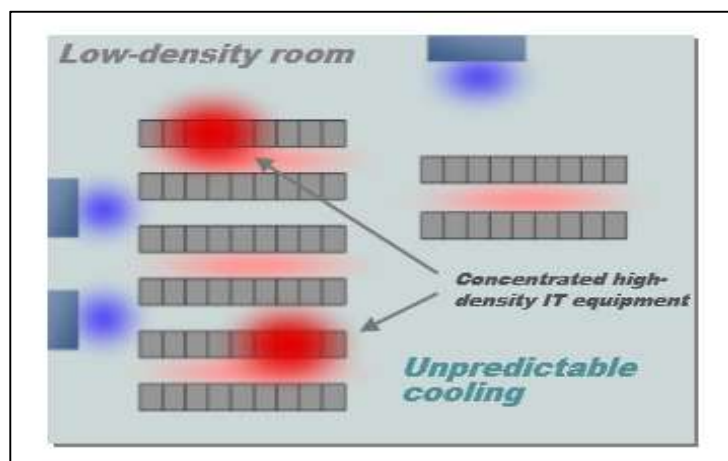


Figura 6 - Datacenter de alta densidade – virtualizado.

Fonte: Rasmussen e Avelar (2015).



A potência média de um rack de servidores é de 1,7KW em um datacenter tradicional, com a virtualização passa a operar com mais de 20KW por rack. Em resumo, a alta densidade pode trazer sérios problemas ao sistema de climatização quando não projetado corretamente.

As medidas tomadas na intenção de resolver esse problema, iniciasse através de uma análise, verificando se a infraestrutura de climatização está sendo suficiente para a demanda atual de energia. Logo, existem duas possibilidades de solução:

a) Espalhar os servidores de alta densidade ao invés de agrupá-los. Desta forma, nenhum rack irá exceder a densidade elétrica projetada e a performance da climatização se torna mais previsível. A vantagem dessa estratégia é que nenhuma infraestrutura de energia ou climatização é necessária. Em contrapartida, existe um aumento de utilização de espaço físico, custo com cabeamento e possível redução da eficiência energética relacionada a não contenção de ar. Essa solução torna-se viável quando:

- o resultado da média da densidade de energia do datacenter é praticamente igual ou menor antes da virtualização;
- os gerentes possuem completo controle sobre a localização dos servidores físicos;
- existe espaço suficiente nos racks para que seja possível a separação.

b) A segunda opção, talvez a mais eficiente, é isolar os servidores de alta densidade em ilhas, concentrando toda a energia em apenas um ou mais racks. A distribuição de ar dedicada e a contenção de ar garantem que os servidores recebam a refrigeração necessária em qualquer circunstância.

As vantagens são a melhor utilização do espaço físico, alta eficiência e máxima densidade nos racks. Além, também, dos racks poderem ficar juntos e não espalhados como visto na primeira opção. Isolando os servidores de alta densidade em um local separado, ou ilha, faz com que climatização dedicada torne o gerenciamento desses equipamentos mais simples, a performance da climatização mais previsível e o consumo de energia mais eficiente. As ilhas acabam se tornando neutras do restante do datacenter, porém, quando a contenção de ar funciona adequadamente, a ilha pode adicionar uma refrigeração extra para o restante da infraestrutura. A Figura 7 mostra os servidores de alta densidade isolados em outro espaço devidamente preparado para a demanda energética e de climatização.

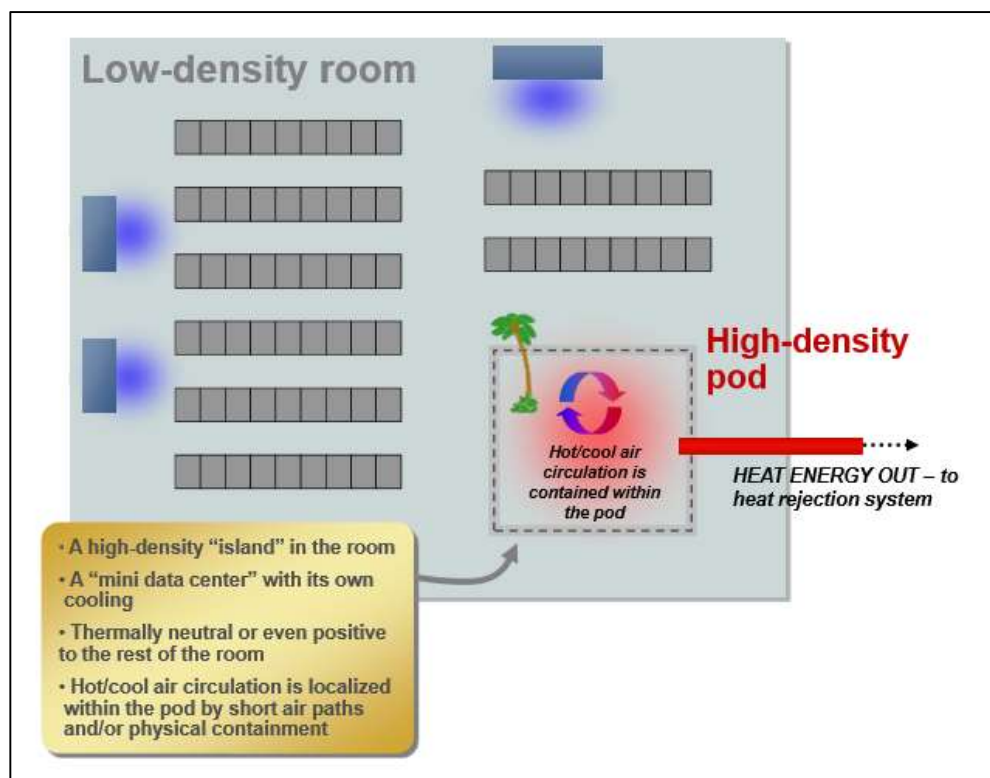


Figura 7 - Servidores de alta densidade em uma ilha.

Fonte: Rasmussen e Avelar (2015).



4.2 REDUÇÃO DA CARGA DE TI

Uma das grandes vantagens da virtualização é a redução de consumo energético, o que torna o datacenter mais eficiente energeticamente. Se levarmos em conta que uma infraestrutura de servidores utilizava de 5-10% do seu processamento, após a virtualização, o processamento pode chegar a 60%. Claramente, observa-se que existe um ganho de eficiência nos equipamentos, mas em contrapartida, há um aumento de carga energética do mesmo, fato que implicará na métrica de PUE.

Acontece que, com a implantação da virtualização, se observar pura e friamente somente o reflexo que acarretará na métrica do PUE, a virtualização poderá ser vista como energeticamente ineficiente. Isso porque o PUE é uma métrica que deve ser utilizada para medir a eficiência da infraestrutura física do datacenter (energia e climatização) e não a eficiência dos equipamentos de TI, ou seja, a sua capacidade de processamento.

É fato que com a aplicação da virtualização, alguns servidores poderão ser desligados devido a ociosidade, concentrando toda a carga nos servidores virtualizados. Mas se a nova demanda de energia concentrada nos servidores virtualizados não tiver sido planejada, toda a infraestrutura estará operando com o fornecimento de energia e climatização anterior à implantação da virtualização, isto é, existirá um desperdício de recursos, o fornecimento de energia estará muito maior do que preciso, sendo necessário um redimensionamento da energia e do resfriamento.

Como pode ser visto na Figura 8, a medida que a carga de TI diminui, quando aplica-se a virtualização e não existe uma previsão de redimensionamento de energia e climatização, a tendência é que PUE aumente. Se a carga energética for maior, é suportada pela infraestrutura existente, a métrica do PUE será mais baixa.

Uma maneira simples de exemplificar como isso é possível, seria da seguinte maneira: se o datacenter possui uma infraestrutura com 100 (cem) servidores podemos desligar 80 (oitenta) deles e virtualizar os outros 20 (vinte) operando com 100% da sua capacidade de processamento. O PUE terá valor menor levando em consideração a fórmula apresentada anteriormente, já que a energia que está sendo fornecida para o datacenter está sendo consumida em sua totalidade pela carga de TI (Tecnologia da Informação), principalmente pelos servidores virtualizados.

É válido observar que o PUE mais alto ou mais baixo, está diretamente relacionado ao projeto anterior e posterior a virtualização, proporcional ao desperdício de energia e climatização.

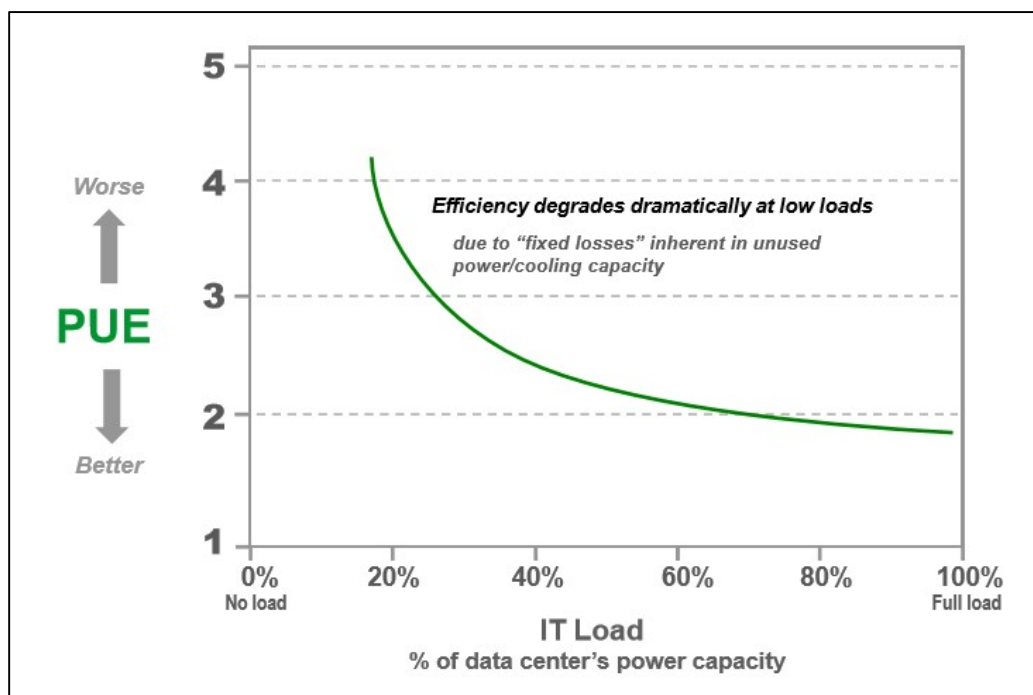


Figura 8 - Curva da eficiência energética – PUE

Fonte: Niles e Donovan (2016).

Para que a solução obtenha melhores resultados, é necessário otimizar os sistemas de energia e climatização para diminuir o desperdício com o



superdimensionamento e alinhar a nova capacidade, com menor demanda, ao consumo energético atual. Com a otimização de energia e climatização, haverá uma redução no consumo de energia e refrigeração não utilizada.

Para os datacenters em operação, as opções listadas acima são possíveis, porém complexas. A redução da capacidade energética e de climatização pode acabar por ser inviável em algumas situações.

Já para os datacenters em fase de projeto, o dimensionamento da energia e climatização pode fazer mais sentido. Isso pelo fato de que uma previsão pode ser feita com antecedência, não impactando de forma direta, já que o mesmo ainda não entrou em operação.

Em ambos os casos, a virtualização deve ser pensada nas fases de projeto e planejamento da infraestrutura do datacenter, caso contrário, a sua aplicação pode obter resultados insatisfatórios relacionados a eficiência energética e principalmente custos financeiros.

4.3 IMPACTO DA VIRTUALIZAÇÃO NA MÉTRICA DO PUE

Como foi visto nas seções anteriores do artigo, existem algumas opções de soluções que visam obter uma economia energética no datacenter, uma delas, e motivo para a elaboração da pesquisa, é a virtualização. O resultado dessa aplicação é um aumento considerável na densidade energética (quantidade de energia) exigida nos servidores. Se um rack possuía uma densidade de 1,7 KW antes da virtualização, agora pode ser superior a 20KW.

Em consequência desse processo, devido à alta densidade, cria-se pontos com maior concentração de calor. Se esse novo cenário não foi planejado, existirá um esforço maior (não projetado) por parte da climatização para retirar esse calor do ambiente, o que tornará a solução de refrigeração ineficiente. Nesse caso, ou se espalha os servidores com densidade maior, para



não ultrapassar o limite proposto ou aloca-se os mesmos em locais separados, com energia e climatização devidamente projetados para tal situação.

De qualquer forma, mesmo influenciando de maneira negativa na métrica PUE, a virtualização ainda é uma forma de economizar energia no datacenter, já que com a sua aplicação é possível deixar menos servidores ligados, desligando os que possuem baixo processamento ou subutilizados.

5 CONCLUSÕES

A pesquisa realizada possui um objetivo muito específico, mostrar os resultados da virtualização aplicada em um datacenter convencional. Foi visto que a não aplicação de um planejamento prévio na implantação da virtualização em um datacenter, pode trazer diversos problemas, devido às mudanças que ocorrerão na infraestrutura atual.

É possível afirmar que o processo de virtualizar os servidores traz resultados benéficos ao datacenter, desde que o ambiente esteja devidamente preparado para tais mudanças. E os resultados positivos ou negativos, podem ser visualizados e gerenciados por meio de ferramentas apropriadas, como por exemplo uma ferramenta de DCIM.

Os resultados na eficiência energética podem ser obtidos de maneira mais positiva, quando o datacenter ainda está em fase de projeto, devido aos custos que envolvem as transformações na infraestrutura e nos ativos. A definição do projeto talvez seja a parte mais importante da virtualização, antes de colocá-la em prática.

É de extrema importância determinar o que será virtualizado e o porquê, e a capacidade atual de processamento e armazenamento do parque atual. Desta forma, qualquer mudança pode ser tratada de maneira mais específica.



Em um datacenter convencional, se alguns servidores forem virtualizados, o ideal é proceder de forma com que eles fiquem espalhados na mesma sala de computadores, desta forma a densidade projetada por rack não será excedida, não afetando o dimensionamento (energia e refrigeração) atual do ambiente.

É válido observar que a aplicação de uma solução ou outra, para as consequências da virtualização, vai depender da necessidade ou recursos disponíveis para a efetivação desse processo de mudança.

De um modo geral, a estratégia correta a ser adotada na implantação da virtualização em um datacenter convencional, pode resultar em economia de tempo, custos, espaço e principalmente energia.

REFERÊNCIAS

FACCIONI FILHO, Mauro. **Conceitos e infraestrutura de datacenters: livro digital**. Palhoça: 2016.

ROSARIO DE ALMEIDA, Djan. **Disponibilidade e qualidade operacional de datacenters: livro digital**. Palhoça. 2016.

VERAS, Manoel; CARRISIMI, Alexandre. **Virtualização de servidores**. Rio de Janeiro: 2015.

TELECO. **Datacenter: Virtualização**.

Disponível em: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialdatacenter1/pagina_4.asp. [2016?]
Acesso em: 17 nov. 2017.

VMWARE. **O que é virtualização?**

Disponível em: <http://www.vmware.com/br/solutions/virtualization.html>. [2017?]
Acesso em 16 nov. 2017.

RASMUSSEN, Neil. Schneider Electric: **Cooling Strategies for Ultra High-Density Racks and Blade Servers**. Paper 46, [2015?].

Disponível em: http://www.apc.com/salestools/SADE-5TNRK6/SADE-5TNRK6_R7_EN.pdf. Acesso em: 16 nov. 2017.



_____. Schneider Electric: **Electrical Efficiency Modeling for Data Centers**. Paper 113, [2015b?]. Disponível em:
http://www.apc.com/salestools/NRAN-66CK3D/NRAN-66CK3D_R2_EN.pdf.
Acesso em 16 nov. 2017.

_____. Schneider Electric: **An Improved Architecture for High-Efficiency, High Density Data Centers**. Paper 126, [2015c?].
Disponível em:
<https://www.comtec.com/pdfs/white-paper/an-improved-architecture-for-high-density-high-efficiency-data-centers.pdf>.
Acesso em: 17 nov. 2017.

_____. Schneider Electric: **Medição de Eficiência Elétrica de Data Centers**. Paper 154, [2015d?].
Disponível em:
http://www.apc.com/salestools/NRAN-72754V/NRAN-72754V_R2_BR.pdf.
Acesso em: 18 nov. 2017.

NILES, Suzanne; DONOVAN, Patrick. Schneider Electric: **Virtualization: Optimized Power, Cooling, and Management Maximizes Benefits**. Paper 118, [2016?].
Disponível em:
http://www.apc.com/salestools/SNIS-7AULCP/SNIS-7AULCP_R5_EN.pdf?sdirect=true. Acesso em: 17 nov. 2017.

RASMUSSEN, Neil; AVELAR, Victor. Schneider Electric: **Deploying High-Density Pods in a Low-Density Data Center**. Paper 134, [2015?].
Disponível em:
http://www.apc.com/salestools/NRAN-782AXB/NRAN-782AXB_R2_EN.pdf.
Acesso em: 17 nov. 2017.

BROWN, Kevin; TORELL, Wendy; AVELAR, Victor. Schneider Electric: **Choosing the Optimal Data Center Power Density**. Paper 156, [2015?].
Disponível em:
http://www.apc.com/salestools/VAVR-8B3VJQ/VAVR-8B3VJQ_R0_EN.pdf.
Acesso em 19 nov. 2017.

AVELAR, Victor. Schneider Electric: **Guidance for Calculation of Efficiency (PUE) in Data Centers**. Paper 158, [2016].
Disponível em:
http://www.apc.com/salestools/SNIS-7E6LKL/SNIS-7E6LKL_R3_EN.pdf.



Acesso em 19 nov. 2017.

LIN, Paul. Schneider Electric: **How to Fix Hot Spots in the Data Center**. Paper 199, [2015?].

Disponível em:

http://www.apc.com/salestools/VAVR-9GNNGR/VAVR-9GNNGR_R0_EN.pdf.

Acesso em: 15 nov. 2017.

TORELL, Wendy. Schneider Electric: **Continuous Metering and Monitoring of PUE in Data Centers**. Paper 204, [2016?].

Disponível em:

http://www.apc.com/salestools/WTOL-936RKM/WTOL-936RKM_R0_EN.pdf.

Acesso em: 16 nov. 2017.