

Soluções de TI verde e eficiência energética para datacenters

Marco Kerchner da Silva¹, Djan de Almeida do Rosário²

¹Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul)
Palhoça – SC – Brasil

²Professor – Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul) – Campus Grande
Florianópolis
Palhoça – SC – Brasil

marcoks63@gmail.com, djan.rosario@unisul.br

Resumo. *O presente trabalho busca analisar os relatórios sobre eficiência energética para datacenters da Energy Star (2016) e o relatório da Código de Conduta Europeu para Eficiência Energética em Datacenters (2017). Os relatórios analisados visam a encontrar melhores práticas para melhorar efetivamente a eficiência energética, trazer economia de energia e de recursos e implementar o conceito de TI verde, independentemente do tamanho do datacenter. Este trabalho define as principais técnicas relacionadas a equipamentos de TI, energia e climatização, bem como diretrizes de gestão e monitoramento necessárias para o pleno funcionamento do datacenter.*

Abstract. *This paper seeks to analyze the energy efficiency reports for data centers of Energy Star (2016) and the European Code of Conduct for Enenergy Efficiency in Data Centres (2017). The examined reports aim to find best practices to effectively improve the energy efficiency, to bring energy and resources savings and to implement the Green IT concept regardless of the data center's size. This study defines the main techniques related to IT equipment, energy and cooling, as well as the management and monitoring guidelines necessary to the complete data center's functioning.*

1 Introdução

Os datacenters são grandes consumidores de energia elétrica e cada vez mais seus serviços são requisitados. Conforme sua demanda cresce, aumenta também a sua complexidade e a necessidade de um gerenciamento correto de sua utilização energética e de climatização. De acordo com o relatório da Emerson Network Power [Datacenter Dynamics 2016], 80% das despesas anuais do datacenter vêm de custos operacionais e de energia, o que na prática pode gerar um bom desperdício de recursos caso haja má adequação dos serviços, espaços físicos ou hardwares. De maneira mais agravante ainda, dependendo do tipo de fornecimento de energia, a utilização desnecessária pode contribuir para uma maior emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. Por isso é tão importante monitorar e evitar desperdícios de energia.

O monitoramento da eficiência energética engloba também a utilização média dos servidores e serviços, além de sua necessidade de refrigeração, uma vez que o trabalho gerado pela carga crítica precisa ser climatizado adequadamente. Sistemas de climatização são responsáveis por ao menos 45% do consumo de energia em um ambiente de datacenter [Marin 2016].

Um relatório feito em 2016 pelo Laboratório Nacional de Lawrence Berkeley (2016 ES-1) mostrou que no ano de 2014 os datacenters nos EUA consumiram 70 bilhões de kWh, em torno de 1,8% da eletricidade do país. Sua projeção para 2020 era de 73 bilhões de kWh. O relatório explica que esse número foi drasticamente reduzido por diversos fatores, como melhorias na escalabilidade energética dos servidores, armazenamento, rede e melhorias na operação da infraestrutura.

Sendo assim, é muito importante que se gerencie, de maneira mais incisiva, os recursos energéticos. Várias são as soluções e melhores práticas discutidas no mercado. Dentre elas podemos destacar a iniciativa da Energy Star, que provê uma visão geral de 12 maneiras de economizar energia em datacenters e salas de servidores [Energy Star 2016] e as diretrizes de melhores práticas do Código de Conduta Europeu para Eficiência Energética em Datacenters [Acton et al, 2017].

O presente trabalho, portanto, busca analisar de que formas um datacenter pode diminuir seu consumo de energia e melhorar sua eficiência energética, sem que os acordos de nível de serviço (SLA) deixem de ser cumpridos. De maneira específica, procura identificar estratégias de melhores práticas disponíveis no mercado, relacionar as soluções estudadas e analisar sua eficácia para, efetivamente, prover melhor eficiência energética. Sua estrutura é composta de uma breve fundamentação teórica, de modo a estabelecer os conceitos aqui explicitados, a análise do relatório da Energy Star e os estudos da Comissão da UE. Logo após, um comparativo entre os estudos e, por fim, é tecida a conclusão acerca da assertividade das soluções, bem como apontados os desafios e temas que surgem para estudos futuros no tema de eficiência energética.

2 Eficiência energética e TI verde

O presente trabalho é baseado nos conceitos de datacenter, eficiência energética, TI verde (Green IT) e virtualização, discutidos nos relatórios lançados pelas iniciativas da Energy Star e da Comissão da União Europeia.

Tanenbaum (2016) define o datacenter como uma instalação centralizada que abriga um grande número de equipamentos de TI (como servidores, storages, equipamentos de rede, monitores, etc), que executam várias funções, como armazenamento, gerenciamento, processamento e troca de informação digital.

A preocupação com a demanda energética e suas consequências para o meio ambiente iniciou-se ainda na década de 70, originadas das primeiras crises de petróleo [Roméro 2014]. Após outubro de 1973, o preço do barril quase quadruplicou, aumentando consideravelmente os preços e produzindo uma grave crise no setor dos edifícios. Até aquele momento não havia políticas públicas ou governamentais que interferissem ou regulamentassem o consumo energético em edifícios. O que ocorreu após este período foi a aplicação em larga escala de regulamentos com força de lei

visando a redução de consumos energéticos e políticas de incentivo buscando este mesmo fim.

Partindo dessa premissa, as soluções energéticas desenvolvidas seguiram algumas referências básicas, que encontramos especialmente nos dias de hoje. Segundo Roméro (2014, p. 9- 10):

- Busca da diminuição do uso de combustíveis fósseis e maior uso de tecnologias e combustíveis renováveis;
- Aumento da eficiência energética em toda a cadeia produtiva de energia (desde a extração e produção até o consumo);
- Orientar mudanças no setor produtivo como um todo, visando ao aumento de eficiência no uso de materiais, transporte e combustíveis;
- Foco no desenvolvimento tecnológico do setor energético, buscando alternativas ambientalmente benéficas;
- Incentivo ao uso de combustíveis menos poluentes;
- Redefinição ou estabelecimento de políticas energéticas que propiciem a formação de mercados para tecnologias ambientalmente benéficas que incorporem custos ambientais de alternativas não sustentáveis.

Segundo Lamberts (2012, p. 21), “Eficiência energética na arquitetura pode ser entendida como um atributo inerente à edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia”. Sua conclusão é de que um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia. Em relação a sites de datacenter, esta premissa sofre algumas modificações. Por utilizar equipamentos cuja demanda de disponibilidade total é muito alta e cujo consumo de energia também, a otimização do uso energético engloba o consumo das máquinas, a climatização necessária para dissipar seu calor, e a efetiva utilização dos equipamentos no melhor desempenho possível.

Pensando em como otimizar o uso de energia na TI como um todo, o campo da TI verde, ou computação verde, advém como o estudo e a prática de projetar, construir e utilizar computadores, servidores, monitores, impressoras, dispositivos de armazenamento e redes e sistemas de comunicação de maneira eficiente e efetiva, com zero ou mínimo impacto ambiental [Murugesan 2012]. TI verde é entendido como um imperativo econômico assim como ambiental, considerando os aspectos de redução de custo advindos da readequação dos equipamentos e do uso da energia, bem como o aspecto da responsabilidade social com o meio ambiente.

Um dos processos mais importantes para a otimização de energia em ambientes de datacenter é a virtualização, cuja proposta é criar uma representação baseada em software (ou virtual) de algo, em vez de um processo físico. A virtualização, além de poder ser empregada em aplicativos, servidores, armazenamento e redes, é a maneira mais eficaz de reduzir as despesas de TI e, ao mesmo tempo, aumentar a eficiência e a agilidade para empresas de todos os portes [Vmware 2017].

A virtualização funciona através de um hipervisor, ou Monitor de Máquina Virtual. Os hipervisores podem ser de dois tipos, conforme Tanenbaum (2016, p. 325): os do tipo 1, executados diretamente sobre o hardware (bare metal) e os do tipo 2, que utilizam os serviços e abstrações do próprio sistema operacional que já está sendo executado na máquina. Em qualquer um dos casos, a virtualização permite que um único computador seja hospedeiro de múltiplas máquinas virtuais, cada uma podendo executar um sistema operacional completamente diferente. Esta abordagem permite que uma falha em uma máquina não derrube nenhum outro servidor.

Em relação aos estudos realizados sobre esse assunto, dois relatórios se destacam: O da Energy Star e o Código de Conduta para Eficiência Energética em Datacenters. Energy Star é um programa voluntário da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) que auxilia empresas e pessoas a economizar dinheiro e proteger o clima através da eficiência energética. Foi criado em 1992 e busca a adoção de produtos, práticas e serviços visando a eficiência energética através de parcerias, ferramentas de medição de objetivos e educação dos consumidores. Uma das iniciativas desenvolvidas foi a de uma visão geral de 12 maneiras de diminuir o consumo de energia em datacenters, considerando estratégias de implementação, quanto custa e quanto pode reduzir de consumo Energy Star (2016).

O Código de Conduta para Eficiência Energética em Datacenters foi desenvolvido pela Comissão da União Europeia como uma resposta ao aumento do consumo de energia em datacenters e à necessidade de reduzir os impactos ambientais, econômicos e de segurança de suprimentos energéticos relacionados [European Commission 2017]. Foi desenvolvido em 2008 através de uma iniciativa sem fins lucrativos. O Código de Conduta identifica e foca em questões-chave e soluções acordadas, descritas no documento de Melhores Práticas [Acton et al. 2017].

3 Energy Star

O estudo da Energy Star foca em doze oportunidades de economizar energia em um datacenter. Os tópicos são divididos em três temas principais: melhorias e mudanças a serem feitas nos equipamentos de TI, o fluxo de ar e de que forma ele flui para os equipamentos e melhorias nos equipamentos responsáveis pelo maior custo dentro de um datacenter.

Tabela 1. Procedimentos da Energy Star

Oportunidades	Procedimentos	Observações
Virtualização de Servidores	<p>-Uso de vários servidores virtuais em uma única máquina física;</p> <p>-Busca otimizar os recursos computacionais; diminuir gastos diretos e indiretos; proporcionar escalabilidade; diminuir tempo de indisponibilidade, recuperação de desastres e paradas não programadas;</p> <p>-Possibilita uso de <i>clusters</i>, serviços de alta disponibilidade, tolerância a falhas e com balanceamento de carga de entrada.</p>	<p>-Diminui a quantidade de recursos necessários (energia e refrigeração). Cada W/h diminuído nos servidores reduz em 1,9W/H o consumo total dos equipamentos.</p>
Desativar servidores sem uso	<p>-Identificação e remoção de servidores sem finalidade, que não estejam ativos ou com aplicações descontinuadas;</p> <p>-Procedimento envolve desativação dos servidores identificados e/ou migração da carga de trabalho para outro servidor.</p>	<p>-Estudos [Monroe apud Energy Star, 2009; Brill apud Energy Star; Glanz apud Energy Star, 2012] variam entre 8% e 50% estimativa de servidores sem uso em datacenters.</p>
Consolidação de servidores	<p>-Diminuição da quantidade de servidores físicos, consolidando serviços e servidores em uma única máquina;</p> <p>-Combinação de várias aplicações em um único servidor, com uma instância de sistema operacional; criação de grupos (clusters) de servidores, atuando como única aplicação; virtualização de servidores.</p>	<p>-Medida diminui gastos com energia e refrigeração, necessidade de espaço físico em racks e custos de suporte;</p> <p>-Simplifica a complexidade dos servidores e permite uma melhor padronização;</p> <p>-Aumenta o tempo total de disponibilidade dos serviços.</p>
Melhor gerenciamento do	<p>-Uso de técnicas para gerenciar o uso do armazenamento de dados e escolha de <i>hardware</i> de melhor desempenho;</p>	

armazenamento de dados	<p>-Provisionamento automatizado de <i>storage</i>; uso de compressão de dados não utilizados com muita frequência; redução de arquivos duplicados; uso de <i>snapshots</i> ou <i>backups</i> incrementais; provisionamento de armazenamento “justo”, alocando somente o necessário; configuração do tipo correto de RAID.</p> <p>-Uso de discos de melhor desempenho para dados mais acessados (SSD) e discos de menor consumo para dados menos acessados (SATA 7,5K, por exemplo).</p>	
Aquisição de servidores, UPS e UDEs mais energeticamente eficientes	<p>-Uso de processadores que limitem a velocidade da CPU e reduzam a taxa de frequência e voltagem em espera, bem como sistemas operacionais que desativem núcleos;</p> <p>-Uso de UPS com gerenciamento de energia e menores perdas de comutação da tensão, podendo economizar entre 18% e 55% a quantidade de energia utilizada [Energy Star];</p> <p>-Uso de UDEs de alta eficiência, no mesmo padrão dos UPS.</p>	
Layout de corredores quentes e frios	<p>-Disposição das fileiras de racks para que a parte da frente dos servidores fique virada umas para as outras, confinando a parte traseira;</p> <p>- Ar frio é insuflado diretamente nos racks por grelhas dispostas no piso elevado;</p> <p>-Diminui custos de climatização e melhora o fluxo de ar.</p>	<p>-<i>Layout</i> excelente para estruturas em projeto, simplificando instalação e comissionamento;</p> <p>-Estruturas já atuantes apresentam projeto mais trabalhoso e dispendioso, já que todos os recursos serão remodelados e poderão trazer indisponibilidade.</p>
Confinamento de corredores quentes e frios	<p>-Uso de barreiras físicas junto aos corredores quentes e frios para eliminar a mistura de ar frio com o ar quente;</p> <p>-Diminui o requerimento da climatização e melhora o gerenciamento das temperaturas.</p>	<p>-Confinamento resulta em uma economia de 5% a 10% de energia e reduz a energia de ventiladores e <i>chillers</i> em 20% a 25%.</p>
Unidades de ventilação com velocidade	<p>-Uso de unidades CRAC e CRAH com ventiladores de velocidade variável (VSD);</p>	<p>-Redução em 10% da velocidade do ventilador reduz uso elétrico em 25%.</p>

variável	-Unidades permitem que o requerimento da carga, que varia durante o dia, seja atendido de maneira eficiente, economizando energia.	
Dispositivos de gerenciamento de fluxo de ar propriamente implantados	-Uso de técnicas para aumentar a porcentagem de ar frio que chega aos equipamentos; -Uso de difusoras na entrada dos racks; painéis cegos em espaços sem uso no rack; bloqueio de correntes de ar quente em lugares indevidos; uso de cabeamento estruturado; posicionamento correto das placas perfuradas e eliminação de obstruções no piso elevado	
Ajustes de temperatura e umidade de entrada	-Aumento dos limites recomendados pela ASHRAE para 18°C a 27°C, com umidade relativa de 60%; -Modificação dos níveis de temperatura requer controle rigoroso da temperatura de pontos passíveis a bolsões de ar quente no datacenter.	- Diferença de temperatura entre o servidor mais baixo e o mais alto no rack de 4°C (entre 21° e 25°); - Economia de 4% a 5% em custos com energia a cada 1°F (0,56°C) aumentado [42U apud Energy Star 2008].
Economizadores a ar	-Utiliza o ar externo para refrigerar os equipamentos; -Uso do ar quente dos servidores para criar as condições de temperatura e umidade necessárias; -Filtro de partículas e contaminantes do ar externo.	-Solução apresenta eficiência em lugares mais quentes, com uso em noites mais frias ou temperaturas de inverno;

Economizadores a água	<ul style="list-style-type: none"> -Torre de resfriamento que gera água gelada e substitui o <i>chiller</i> durante os meses de inverno; - Indicado para plantas de resfriamento a água ou ar; -Funciona como redundância para o <i>chiller</i> diminuindo risco de indisponibilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> -Melhor indicado para locais com temperaturas abaixo de 12°C durante o inverno; -Possibilita economias de até 70% em climatização (PG&E apud Energy Star, 2006).
-----------------------	---	---

4 Estudo da Comissão da UE

O Estudo da Comissão da União Europeia institui seis partes no estudo das soluções de eficiência energética: a de gestão e diretrizes gerais, focando na utilização, planejamento e gerenciamento do datacenter; os serviços e equipamentos de TI; climatização; energia; a estrutura física do datacenter e monitoramentos. O documento institui as práticas mínimas esperadas e a quais setores ou tipos de implementação são designados. Seus tipos são: todo o datacenter, relacionado ao que já existe e está ativo atualmente; novos softwares, para novas instalações realizadas e upgrades futuros; novos equipamentos de TI, para novas instalações realizadas; práticas para prédios novos ou reformas de maior impacto na estrutura atual e as práticas opcionais, passivas a estudos pontuais.

Tabela 2. Procedimentos do Código de Conduta da União Europeia para *Datacenters*

Setor	Procedimentos
Gestão e Diretrizes	<ul style="list-style-type: none"> -Comitê de aprovação com representantes de todas as disciplinas; -Auditorias de impacto ambiental dos dispositivos; uso de energia sustentável em alguma porcentagem; introdução de plano de gerenciamento ambiental; -Aquisição de equipamentos que não requerem resfriamento em operação; criação de redundância para os requerimentos de negócio e de múltiplos níveis de resiliência; planejamento de crescimento modular; criação de ciclo de vida dos ativos.
Serviços e equipamentos de TI	<ul style="list-style-type: none"> -Seleção e configuração de equipamentos de boa performance de eficiência energética, adequados à capacidade de resfriamento e densidade energética do <i>datacenter</i>; configuração do gerenciamento de energia dos equipamentos; -Desenvolvimento de serviços e sistemas consolidando servidores e/ou utilizando virtualização; redução dos níveis de redundância de <i>hardware</i>,

	<p>redução da quantidade de equipamentos destinados à continuidade de negócios e recuperação de desastres; eliminação de <i>clusters</i> de <i>hardwares</i> 2N;</p> <p>-Auditoria dos equipamentos e serviços existentes; descomissionamento de equipamentos sem uso; auditoria dos requerimentos ambientais dos equipamentos em uso;</p> <p>-Instituição de políticas de gerenciamento de dados (quais guardar, por quanto tempo e nível de segurança); separação lógica e física por áreas de armazenamento em relação a proteção, segurança e performance.</p>
Climatização	<p>-Design de corredores quentes e frios; contenção do ar quente e ar frio, evitando recirculação; gerenciamento dos espaços em <i>rack</i> com uso de painéis cegos e outras aberturas no <i>rack</i>; uso de racks com portas perfuradas; revisão do piso elevado em busca de obstruções; segregação de equipamentos conforme requerimentos ambientais;</p> <p>-Desligamento de equipamentos de climatização desnecessários; revisão do resfriamento antes e depois da troca de um equipamento de TI; revisões periódicas das estratégias de climatização; manutenções periódicas nos equipamentos;</p> <p>-Revisão do alcance de temperatura e umidade do <i>datacenter</i> conforme padrões da ASHRAE; revisão e aumento da temperatura da água gelada utilizada;</p> <p>-Para plantas de resfriamento de alta eficiência, uso de refrigeradores com alto coeficiente de performance; revisão das temperaturas operacionais; uso de ventiladores de velocidade variável; uso de bomba extra no sistema de refrigeração;</p> <p>-Para <i>free cooling</i>, uso direto do ar externo; uso indireto do ar recirculado pelo <i>datacenter</i>; uso indireto do <i>free cooling</i> com unidades CRAH e por uma bobina de resfriamento; uso com unidades CRAC e bobina de <i>free cooling</i> integrada;</p> <p>-Controle do ar de alimentação das unidades de resfriamento; não uso do controle de umidade das unidades CRACH e CRAH (apenas o controle da umidade do ar externo); reutilização do ar quente para aquecimento das salas de escritório ou outros ambientes.</p>
Energia	<p>-Seleção e utilização de equipamentos de energia modulares; uso de UPS de alta eficiência e sem os transformadores de isolamento, segundo o Código de Conduta da UE;</p> <p>-Gerenciamento da temperatura do ponto de partida dos aquecedores e motor; gerenciamento dos fatores de potência dos equipamentos de TI e energia; uso de luzes LED com baixo uso energético; uso de cores claras no ambiente para diminuir necessidade de iluminação e uso de hardware para realizar relatórios de energia e temperatura.</p>

Estrutura Física	<p>-Disposição de equipamentos que gerem calor, como UPS, fora da área de resfriamento; uso de prédios com pé-direito alto, para comportar tecnologias como piso elevado e teto suspenso; facilitação do uso de economizadores na estrutura; orientação dos equipamentos correta para evitar bolsões de ar quente; diminuição do aquecimento solar das áreas refrigeradas, evitando sombras ou aumentando reflexão do prédio;</p> <p>-Uso de áreas onde o calor possa ser reutilizado; uso de locais com temperaturas baixas; áreas sem muita umidade; uso de áreas que promovam <i>free cooling</i>, projeção do <i>datacenter</i> em uma área perto da planta de energia, reduzindo perdas na transmissão.</p>
Monitoramentos	<p>-Instalação de medidores de consumo de energia, distribuição e climatização; uso de medidores nos sistemas de TI, na sala da temperatura e umidade do ar e nas unidades CRAC ou CRAH;</p> <p>-Instituição de leituras periódicas dos dados (manuais ou automatizadas); Coleta de horas economizadas de refrigeração anual, quando for o caso.</p>

5 Discussão

Os estudos realizados pela Energy Star e pela Comissão da UE apresentam estratégias e soluções que permitem uma melhora considerável da eficiência energética dentro de um datacenter. Seus escopos seguem uma linha geral e tratam com o mesmo peso as questões pertinentes ao uso das tecnologias como um todo.

Primeiramente, a identificação dos sistemas de climatização e refrigeração como os pontos mais críticos e sensíveis do datacenter. Esses são os equipamentos que necessitam de um melhor dimensionamento da capacidade, sem que falem nem sobre recursos. A modificação da estrutura física dos racks, criando corredores quentes e frios, bem como o próprio confinamento dos corredores, apresentam resultado satisfatório quanto ao uso correto dos recursos disponíveis. O uso de ventiladores de velocidade variável nas unidades CRAC, assim como as revisões das temperaturas de operação disponibilizadas pela ASHRAE, demonstram efetivo resultado na economia energética. Do mesmo modo, as técnicas de *free cooling* e controle da umidade, bem como o uso de economizadores, possibilitam uma economia considerável em relação à estrutura costumeiramente utilizada. Esses pontos são levantados pelos dois estudos e apresentam verdadeira economia, especialmente o uso de *free cooling*. É importante frisar que essas medidas não se aplicam a todos os casos de datacenter e sua utilização depende das condições físicas e climáticas do local onde o datacenter se encontra.

Em relação aos equipamentos, assim como os softwares, apontados pelo estudo da UE, as técnicas apontadas com resultados práticos em ambos os estudos são a de virtualização e consolidação de servidores, compra de hardware com melhor desempenho e/ou utilização do processador e o descomissionamento de equipamentos sem uso. Essas técnicas foram amplamente abordadas, em especial a de virtualização, e seu uso surte efeitos imediatos no uso de energia e necessidade de climatização. O gerenciamento de dados também aparece como uma implementação importante,

focando especialmente na exclusão ou arquivamento de dados que não são comumente utilizados. Isso, aliado ao uso de discos de performance adequada à sua tarefa, provém uma importante economia e melhoria da eficiência energética geral.

Quanto aos equipamentos de energia, ambos os estudos frisam a importância de gerenciar corretamente a energia em todos os pontos do datacenter. Ter noção da quantidade de energia desperdiçada, mal aproveitada ou subutilizada, assim como ter noção do desempenho dos equipamentos utilizados, proporciona uma boa economia e informações vitais para a boa operação dos serviços.

Os estudos também salientam bastante o uso de ferramentas de monitoramento. As informações em tempo real de climatização e energia são preciosas para a tomada de decisões rápidas e ágeis em relação ao estado dos sistemas. Ter completo controle das informações de temperatura permite que todos os sistemas operem em sua capacidade ideal, evita bolsões de ar quente e possibilita uma economia considerável de energia e recursos.

Importante apontar também que os estudos apresentam medidas cuja implementação funciona preferencialmente em ambientes de projeto, enquanto outras podem ser adaptadas satisfatoriamente em ambientes de produção.

Para prédios novos e projetos, as principais medidas se referem aos sistemas de climatização e energia, que necessitam de um correto dimensionamento para que sejam energeticamente eficientes, juntamente com o uso de hardware e software otimizados. Processos como desenvolver o confinamento de corredores quentes e frios no layout dos racks e utilizar o confinamento dos corredores, se possível; Desenhar as cargas de energia e refrigeração prevendo crescimento modular ou com possibilidade de crescimento, sem provisionar carga em demasia; aquisição de hardware e software pensando em sua performance e eficiência energética, bem como a carga de trabalho destinada; uso de economizadores e técnicas como free cooling, caso o clima e região geográfica permitam e utilizar energia renovável sempre que possível.

Em relação a datacenters já em operação, os processos ideais levam em conta os serviços ativos e os níveis de acordo de serviço, focando em mudanças modulares que atraiam o mínimo possível a carga crítica. Procedimentos em climatização e energia são mais sensíveis, uma vez que a mudança em um equipamento pode demandar várias horas de downtime de algum serviço ou servidor. Técnicas como virtualização e consolidação dos servidores, melhorando a carga de utilização total do hardware; remoção de servidores em desuso ou ociosos assim como controle do ciclo de vida dos servidores e dos serviços e a criação de monitoramentos completos de máquinas, climatização, energia e demais aspectos.

6 Considerações Finais

Os estudos seguem tendências parecidas em suas melhores práticas. Essas podem ser consideradas, através desses estudos e seus resultados, melhores práticas a serem adotadas por todo e qualquer datacenter que procure otimizar sua estrutura e maximizar sua eficiência energética. Esse tópico é imensamente importante, levando em consideração todas as mudanças climáticas acompanhadas no mundo e o avanço global

da tecnologia. Nossa demanda energética cresce a cada ano, os impactos de produzir tanta energia são visíveis e, dependendo do tipo de energia criado, nocivos ao meio ambiente. Nada mais importante que buscar formas alternativas de energia, bem como trabalhar com o melhor desempenho possível. TI verde, bem como eficiência energética, são tópicos que devem estar na visão de todo e qualquer diretor, gerente ou técnico que trabalhe com um datacenter. Vislumbrar a maneira como os equipamentos de TI impactam no meio ambiente é uma maneira consciente e necessária de entender a TI como um todo e de vital importância atualmente.

Por fim, para estudos futuros sugere-se a aplicação prática desses processos, por meio de estudos de caso que avaliassem quantitativamente a economia proporcionada pelas mudanças, um estudo comparativo entre um datacenter que adotou as medidas com relação a outro que não utiliza nenhuma das práticas ou a criação de um método de análise quantitativa, que desempenhasse um ranking em relação aos métodos implantados pelo datacenter.

Referências

Acton, M. et al. (2017). Best Practice Guidelines for the EU Code of Conduct on Data Centre Energy Efficiency. União Europeia: Publications Office of the European Union, 2017. Versão 8.1.0. Disponível em: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC104370/2017_best_practice_guidelines_v8.1.0_final.pdf.

Datacenter Dynamics (2016). 80% dos custos anuais do data center vêm de despesas com energia e operacionais, diz relatório da Emerson Network Power. Disponível em <http://www.datacenterdynamics.com.br/focus/archive/2016/11/80-dos-custos-anuais-do-data-center-v%C3%A0am-de-despesas-com-energia-e-operacionais>.

Energy Star (2016). 12 Ways to Save Energy in Data Centers and Server Rooms. Disponível em: https://www.energystar.gov/products/low_carbon_it_campaign/12_ways_save_energy_data_center.

Energy Star. Origins and Mission. Disponível em: https://www.energystar.gov/about/origins_mission.

European Commission (2017). Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centres. Disponível em: <https://ec.europa.eu/jrc/en/energy-efficiency/code-conduct/datacentres>.

Lamberts, Roberto et al. (2014). Eficiência energética na Arquitetura 3ª Ed. Eletrobras/Procel.

Marin, P. (2016). Data Centers – Engenharia: Infraestrutura Física. São Paulo: PM Books.

Murugesan, San; Gangadharan, G. (2012). Harnessing Green IT: Principles and practices. Nova Jérsei: John Wiley & Sons Ltd.

Romero, Marcelo and Reis, Lineu (2012). Eficiência energética em edifícios. Barueri, SP: Manole.

Sun, H.; Lee, S. (2006). Case study of data centers' energy performance. *Energy And Buildings*, [s.l.], v. 38, n. 5, p.522-533 Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778805001738>.

Tanenbaum, Andrew (2016). *Sistemas operacionais modernos 4ª ed.* São Paulo: Pearson Education do Brasil.

Vmware. O que é virtualização? Disponível em: <http://www.vmware.com/br/solutions/virtualization.html>.