

GREENHOP: ENVIRONMENTAL AND POWER MONITORING ON SMALL SIZE DATA CENTERS

Daniel Scheidemantel Camargo, Charles Christian Miers

Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Departamento de Ciência da Computação, Campus Universitário – Joinville - SC

[*{daniel,charles}@colmeia.udesc.br*](mailto:{daniel,charles}@colmeia.udesc.br)

Abstract. *This paper presents the GreenHop solution, focused on energetic and environmental monitoring in small sized Data Centers (DCs). The solution enables use of energy efficiency metrics and maintain the environmental parameters in accordance with technical standards. The solution is applied in a case study, showing the reduction in cooling system energy consumption with a change in the temperature of 18°C to 25°C, resulting in a reduction of 0,73 points in PUE metric.*

Keywords: *Data centers, Energy Efficiency, Environmental monitoring*

1. INTRODUÇÃO

Para suprir a demanda computacional exigida pelo advento de novos paradigmas, o crescimento contínuo dos Data Centers (DCs) traz um constante desafio relativo à eficiência energética de sua infraestrutura (Mittal, 2014 [1]). Em 2011, aproximadamente 2% do consumo energético mundial era proveniente de DCs (David *et al.* 2014 [2]). Instituições de pequeno e médio porte normalmente desprezam as boas práticas de eficiência energética (Cheung *et al.* 2014 [3]). Entretanto, normas técnicas definem uma série de boas práticas que visam o funcionamento adequado dos equipamentos de TI e minimizam custos com energia elétrica.

Estudos mostram que o sistema de refrigeração corresponde a maior proporção (38%) do consumo de energia total do DC (Figura 1 e Ref. [2]). Ao realizar uma análise detalhada do consumo destes subsistemas, é

factível obter alguma eficiência energética, reduzindo custos e o impacto ambiental causado por este setor. As métricas específicas para DCs, *e.g.*, *Power Usage Effectiveness* (PUE) e *Data Center Infrastructure Efficiency* (DCiE), permitem condensar em apenas um valor a relação de consumo dos diversos subsistemas do DC. Para obter estas métricas, é necessário um sistema de monitoramento que permita mensurar o consumo de energia de forma granular (*i.e.*, em cada subsistema) (Dai 2014 [5]). Como opção às ferramentas proprietárias de monitoramento típicas de DCs, as plataformas de código aberto (software e hardware) possibilitam desenvolver soluções para monitorar os parâmetros ambientais e energéticos da sala de servidores, com baixo custo de aquisição.

O presente trabalho relata o desenvolvimento da solução GreenHop, que disponibiliza as métricas de eficiência energética em tempo de operação do DC, ao mesmo tempo em que mantém os equipamentos operando dentro dos padrões ambientais estabelecidos por normas. Adicionalmente, a Seção 4 apresenta os dados coletados em um estudo de caso real. Embora trabalhos correlatos realizem algum tipo de monitoramento em DCs (Rodriguez 2011 [6], Goldhar 2009 [7]), não são abordados os aspectos energéticos e ambientais em apenas uma solução, como é o caso do presente trabalho.

2. DATA CENTERS

Os DCs podem ser definidos como uma instalação especializada em abrigar diversos sistemas computacionais e componentes

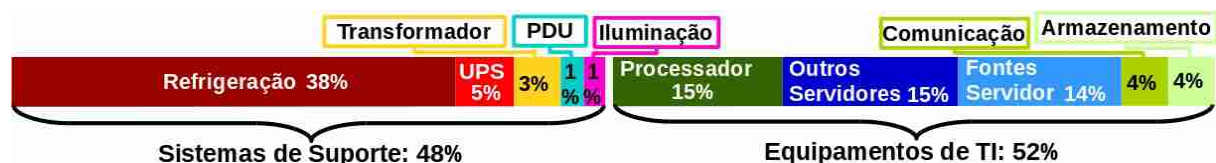


Figura 1: Demanda de energia elétrica em DCs. Adaptado de Emerson 2012 [4].

associados (Khan 2015 [8]). Usualmente, a infraestrutura de um DC dispõe de sistemas de suporte, tais como equipamentos de refrigeração e distribuição de energia (PDU), permitindo que os sistemas computacionais operem de forma adequada. Adicionalmente, o DC pode dispor de sistemas de monitoramento ambiental e de segurança física, específicos para esse tipo de instalação. O ambiente da sala de servidores é o local que abriga os equipamentos computacionais e que necessita operar em condições ambientais rigidamente controladas.

Devido à diversidade de equipamentos, é impraticável atender a todas as especificações de operação. Contudo, normas técnicas estabelecem boas práticas, fundamentadas em confiabilidade, eficiência e desempenho (Ye 2014 [9]). Dentre as normas existentes, destaca-se a TIA-942-A, por ser amplamente utilizada [5] em todo o mundo.

A redução do consumo de energia neste tipo de equipamento deve ser feito de modo a minimizar o seu uso mas deve-se respeitar os requisitos da norma. Políticas de eficiência energética são um conjunto de regras que visam estabelecer boas práticas de gestão aplicáveis à redução do consumo de energia elétrica. Especificamente para DCs, destaca-se uma política simples que pode ser colocada em prática: manter a temperatura do sistema de refrigeração próxima ao limite superior da norma adotada. Todavia, para se certificar que os requisitos ambientais estão sendo satisfeitos, é importante fazer a monitoração ambiental. Para avaliar o impacto das políticas de eficiência energética, normalmente são utilizadas as métricas PUE e DCiE [9].

Na Equação (1), o PUE relaciona o consumo total do DC com o consumo dos sistemas computacionais. O valor varia de 1 ao infinito e quanto menor mais eficiente. O DCiE é uma conversão do PUE para um percentual e quanto maior mais eficiente.

$$PUE = \frac{P_{Total}}{P_{TI}} \quad DCiE = \left(\frac{1}{PUE} \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

São encontradas diferentes abordagens para obter o consumo energético, a fim de calcular o PUE. Para obter um valor mais preciso e em tempo de operação do DC, é

necessário contar com uma solução de monitoramento energético.

3. SOLUÇÃO PROPOSTA GREENHOP

A solução denominada GreenHop tem por objetivo fornecer indicadores de eficiência energética ao mesmo tempo que mantém os parâmetros ambientais da sala de servidores do DC operando dentro das condições especificadas por normas de DCs, a exemplo da TIA-942-A. As métricas PUE e DCiE permitem correlacionar o consumo dos diversos subsistemas de um DC, através da análise dos valores auferidos em tempo de operação. A eficiência energética é inicialmente obtida com a redução do consumo de energia do sistema de refrigeração, por ser um dos equipamentos de maior potência. Um segundo benefício atingido com o controle ambiental é a longevidade dos ativos de TI, auxiliando na disponibilidade do DC. Salienta-se, adicionalmente, que a solução GreenHop permite ao gestor avaliar o impacto sobre diversas políticas de eficiência energética em outros níveis de atuação.

A solução proposta é constituída por uma rede de sensores sem fios (RSSF) composta exclusivamente por plataformas *open source*. Os nodos de sensores são Arduinos com rádios ZigBee¹, que enviam os dados para um computador *single board* Banana Pi². Os *scripts* em Python, executados no Banana Pi, coordenam os dados recebidos pela rede e enviam as informações para a solução de monitoramento de redes Zabbix³, hospedado no mesmo Banana Pi. Por sua vez, os módulos *agent* e *server* do Zabbix armazenam as informações em base de dados para posterior consulta. Todas as informações coletadas são disponibilizadas ao usuário final por gráficos do Zabbix, através de sua interface *Web*.

Como ambiente de testes, é utilizado o Laboratório de Processamento Paralelo e Distribuído (LabP2D) da UDESC. O LabP2D é um ambiente com trinta metros quadrados que abriga trinta computadores desktops, um *rack* com quatro *switches*

¹ Protocolo sem fio ZigBee: www.zigbee.org.

² Single-board Banana Pi: www.lemaker.org.

³ Network Monitoring Zabbix: www.zabbix.com.

gerenciáveis e quatro servidores, onde é executada uma nuvem computacional OpenStack. Dentre os sistemas de suporte, destaca-se o ar condicionado split de 30kBTUS, cinco computadores de suporte e iluminação de 480 Watts. Antes da aplicação da solução GreenHop, a sala de servidores era mantida constantemente em 18°C, na tentativa de suprir uma demanda de calor desconhecida.

No LabP2D são usados seis nodos finais equipados com sensores de temperatura, umidade e pressão atmosférica (DHT22 e BMP180). Apenas em dois nodos (N₂ e N₇, especificados na Figura 2) estão instalados cinco sensores de consumo de energia não-invasivo (SCT-013), que estabelecem as variáveis necessárias para calcular as métricas PUE e DCiE.

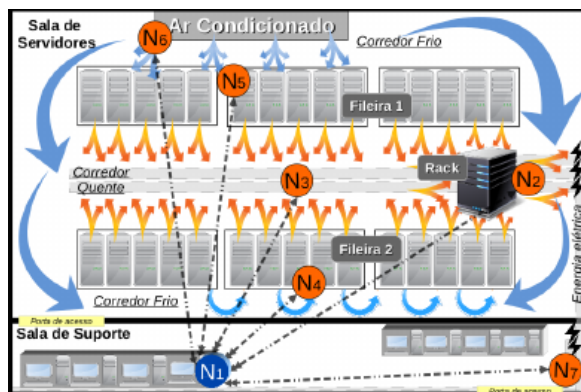


Figura 2: Topologia dos nodos no LabP2D.

O plano de testes é elaborado de forma a comparar o ambiente antes e depois da aplicação da solução GreenHop. São realizados dois testes, em períodos de 7 dias cada. O primeiro consiste em monitorar a condição mantida inicialmente, *i.e.*, com temperatura em 18°C. O segundo teste baseia-se na mudança da temperatura de operação para 25°C (limite superior da norma TIA-942-A).

4. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados são obtidos sob análise dos gráficos fornecidos pela interface *Web* do Zabbix, mostrando o comportamento da métrica PUE. Em cada teste é mostrado um gráfico de setores, com a proporção entre os cinco pontos monitorados, e um gráfico de

tempo, mostrando o comportamento do PUE.

4.1 Teste 1: Temperatura em 18°C

A média de consumo de energia apenas do sistema de refrigeração é de 27,1kW ao dia e valor médio do PUE obtido é de 2,34 pontos, conforme a Figura 3.

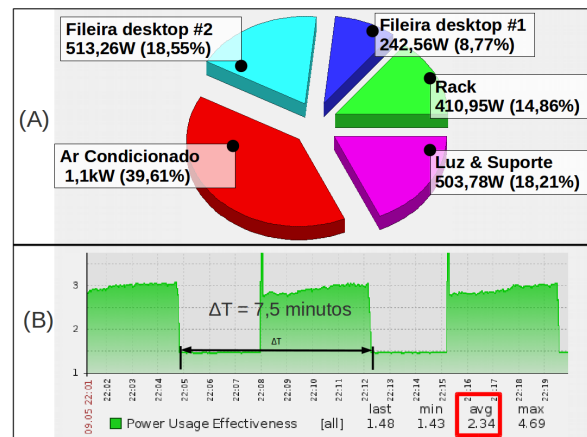


Figura 3: Demandas (A) e PUE (B) em 18°C

4.2 Teste 2: Temperatura em 25°C

Neste teste, a média de consumo de energia do sistema de refrigeração é de 5,64 kW ao dia e valor médio do PUE obtido é de 1,61 pontos, conforme mostrado na Figura 4. Isso corresponde a uma redução de 79,2% dos gastos com o sistema de refrigeração, quando comparado com o Teste 1.

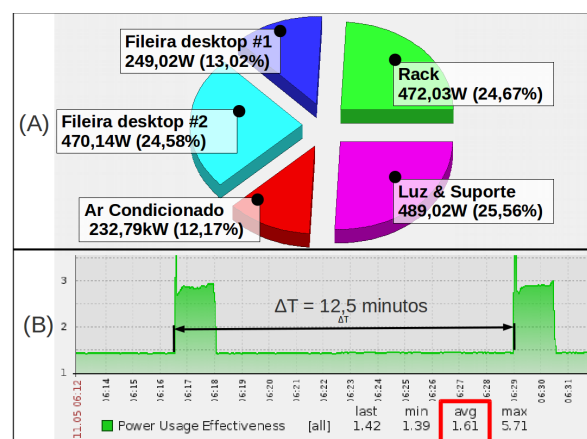


Figura 4: Demandas (A) e PUE (B) em 25°C

4.3 Consolidação dos resultados

A Tabela 1 relaciona os requisitos ambientais da norma TIA-942-A em conjunto com as faixas de valores da temperatura de

bulbo seco (TBS), ponto de orvalho e a umidade relativa do ar obtidos em cada teste.

Tabela 1. Requisitos ambientais TIA-942-A

Requisitos	Valor (min/max)		Teste 1	Teste 2
TBS	20°C	25°C	18	25
Δ TBS	0°C/h	5°C/h	2°C/hora	1°C/hora
DewPoint	0°C	21°C	16°C	8°C
Umidade	40°C	55°C	47%	54%
Eficiência	–	–	0	79,2%
PUE	–	–	2,34	1,61
DCiE	–	–	42,73%	62,11%

De forma geral, os parâmetros ambientais mantêm-se dentro da faixa especificada pela norma TIA-942-A. Todavia, a eficiência obtida apenas no sistema de refrigeração fez o PUE reduzir em 0,73 pontos, o que corresponde a um aumento de 19,38% no DCiE.

Os gráficos do PUE, possuem oscilações similares a ondas quadradas, que só foram possíveis detectar devido ao monitoramento contínuo e com intervalos de tempo de três segundos. Os picos estão associados aos momentos em que o compressor do equipamento de refrigeração é ligado para manter a temperatura da sala e depois por um período de tempo desligado, até a variação da temperatura exigir novamente o seu acionamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados evidenciam que as oportunidades encontradas podem ser discutidas sob a ótica da eficiência energética, resultando em reduções substanciais no consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, em economia financeira. A contribuição deste trabalho é o desenvolvimento de uma solução *open source*, permitindo que todo o projeto possa ser livremente utilizado, distribuído e modificado.

Como trabalhos futuros, está prevista a adoção de outras métricas de eficiência. Está em análise a integração do GreenHop com a plataforma OpenStack, para permitir uma solução de monitoramento não apenas por sensoriamento externo, mas também

incluindo os dados de consumo de energia internos em cada servidor. Está prevista a expansão do GreenHop para incluir um sistema de segurança para controle de acesso ao laboratório através de cartões RFID e sensores de presença.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do LabP2D do CCT/UDESC. Esse trabalho foi financiado com recursos do Edital PIC&DTI 001/2015 da UDESC.

REFERÊNCIAS

- [1] Cheung, H.Y. *et al.* “Energy Efficiency In Small Server Rooms: Field Surveys And Findings.” 2014 ACEEE California.
- [2] Dai, J. *et al.* Optimum Cooling Of DC: Application of Risk Assessment and Mitigation Techniques. Springer NY 2014.
- [3] David, M.P., Schmidt, R.R. “Impact Of Ashrae Environmental Classes On Data Centers.” 2014 IEEE-ITHERM.
- [4] Emerson, N.P. “Energy Logic 2.0: New Strategies For Cutting Data Center Energy Costs And Boosting Capacity.” Emerson Network Power, 2012.
- [5] Khan, S.U.; Zomaya, A.Y. Handbook On Data Centers. Springer NY, 2015.
- [6] Mittal, S. “Power Management Techniques For Data Centers: A Survey.” USA ORNL, 2014.
- [7] Goldhar, M.P. “Um Framework De Métricas De Produtividade e Eficiência Energética em Data Centers.” Dissertação, UFPE, 2009.
- [8] Rodriguez, M.G. *et al.* “Wireless Sensor Network For DC Environmental Monitoring.” 2011 5th ICST.
- [9] Ye, H.; Song, Z., Sun, Q. “Design of Green Data Center Deployment Model Based On Cloud Computing and TIA-942 Heat Dissipation Standard.” 2014 IEEE-IWECA.