

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO DE UM DATACENTER POR UM NOVO ÍNDICE DE EFICIÊNCIA: ENERGY USAGE EFFECTIVENESS DESIGN – EUED**

**Alexandre F. Santos** – projetos.etp@gmail.com

FAPRO - Faculdade Profissional, [www.fapro.com.br](http://www.fapro.com.br);

**Pedro D. Gaspar** – dinis@ubi.pt

C-MAST - Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal;

**Heraldo J. L. de Souza** – heraldosouza1@gmail.com

FAPRO - Faculdade Profissional, [www.fapro.com.br](http://www.fapro.com.br).

R4 Aplicações Industriais e Especiais

**Resumo.** Os datacenters têm um crescimento real, sendo previsto um aumento de até 53% em 2020, e a eficiência energética em recintos de alto consumo de energia são fundamentais. Já existem metodologias para mensurar essa eficiência como o PUE (Power Usage Effectiveness). A unidade sugerida para medir a eficiência no estágio de projeto seria o EUED (Energy Usage Efficiency Design) com isso serão utilizados dados para uso de "free cooling" e sistema adiabático e ainda geotérmico em alguns casos, uma comparação será feita considerando apenas o equipamento na pior situação, foi obtida uma diferença entre os índices de 16,86% para Curitiba e Porto Alegre de 9,74% em relação ao PUE COA (Constant Outdoor Air). E para melhorar o mapeamento foi utilizado a geotermia, calculado um COP geotérmico para estas cidades, resultando um valor de COP bem maior, com isso, sendo mais útil na hora de escolher os locais para instalações de novos DC's.

**Palavras-chave:** Datacenters, PUE, Refrigeração de datacenters.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Converge Comunicações, principal grupo de comunicação dedicado ao mercado de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) do Brasil, o tráfego de nuvem deve crescer quase quatro vezes em menos de uma década, de 3,9 zetabytes (ZB) em 2015 para 14,1 ZB, ao ano, até 2020. O dado consta da sexta edição anual do Global Cloud Index (2015-2020) da Cisco Systems, que atribui essa expansão ao aumento da migração dos sistemas de TIC das empresas para arquiteturas de nuvem por conta da capacidade de se expandir rápida e eficientemente e suportar mais cargas de trabalho do que os data centers (DC) tradicionais.

Com a maior taxa de virtualização dos DCs, os operadores de nuvem poderão oferecer maior variedade de serviços para empresas e consumidores com um desempenho ideal. Segundo a análise, a nuvem dominará e vai superar o crescimento dos DC tradicionais até 2020, quando 92% da carga de trabalho será processada por DC de nuvem e 8% por DCs tradicionais.

Além disso, até 2020, 68% (298 milhões de dólares) da carga de trabalho de nuvem estará em data centers de nuvem pública, na comparação com os 49% (66,3 milhões de dólares) em 2015 — 35% de taxa composta de crescimento anual entre 2015-2020. Recursos como Internet das Coisas (IoT) e big data vão impulsionar o mercado. IoT será um grande gerador de dados, atingindo 600 ZB por ano até 2020, 275 vezes maior que o tráfego projetado entre os DCs e dispositivos/usuários finais (2,2 ZB); 39 vezes maior que o tráfego total de DCs (15,3 ZB).

Já a big data vai impulsionar o crescimento geral de dados armazenados. Globalmente, os dados armazenados em data centers vão quintuplicar até 2020, atingindo 915 exabytes (EB) até 2020, um incremento de 5,3 vezes (uma taxa de crescimento composta anual de 40%) a partir do patamar de 171 EB em 2015.

Pela primeira vez, a Cisco também quantificou e analisou o impacto dos DCs hyperscale, que devem crescer de 259, em 2015, para 485 até 2020. O tráfego de DC hyperscale deve quintuplicar nos próximos cinco anos. Essas infraestruturas serão responsáveis por 47% dos servidores instalados.

Com o crescimento da instalação de DCs, um dos grandes desafios são relativos à melhoria do desempenho e eficiência dos DCs, que em grande parte decorre do calor dissipado pelos servidores, já que o enorme número de equipamentos instalados para aumentar a capacidade de armazenamento, aumentou em muito a potência elétrica e consequentemente a dissipação de calor. Para melhorar a dissipação de calor, alguns DC chegaram mesmo a mudar de localização, para locais onde as temperaturas médias do ar são mais baixas, como no Círculo Polar Ártico ou na Suécia, para obterem melhor eficiência energética, pela diminuição da necessidade de arrefecimento.

As métricas de eficiência são definidas e padronizadas para comparar a eficiência dos sistemas de um DC, como sejam os custos de operação. Foi também criado um consórcio global de fabricantes de equipamentos de IT, empresas de tecnologias, governo, instituições de ensino e I&D, associações de classes e outros setores da sociedade, onde se discutem, desenvolvem e recomendam as melhores práticas de eficiência energética e de sustentabilidade, como a emissão de CO<sub>2</sub>. Uma dessas métricas é o PUE (Power Usage Effectiveness), definida pelo The Green Grid (2012) como instrumento para medir a eficiência energética de um DC. O parâmetro é a razão entre a energia total consumida por um DC e a energia

fornecida aos equipamentos de IT. O valor ideal de PUE seria 1,0. Já foram relatos casos de DC com PUE = 1,02 (Saylor et al, 1988).

OS DC são subdivididos nas seguintes categorias:

**Datacenter Privado:** Denominado como PDC (Private Datacenter), são operados por instituições, corporações ou agências governamentais, onde se armazenam informações de processamentos internos e utilizados para manter sistemas governamentais.

**Internet Datacenter:** Os IDC (Internet Data Center) destinam-se a prover os serviços de telecomunicações, tendo como objetivo prestar serviços de armazenamento, hospedagem de sites e equipamentos de empresas.

Em qualquer tipo de DC (privado ou de Internet) a métrica de PUE tem por pressuposto já ter o projeto pronto. Apenas após a finalização do projeto é que o PUE é mensurado. Embora esta métrica seja fundamental para analisar a eficiência energética do DC, a sua aplicação é muito trabalhosa e com elevada complexidade de execução pelo fato de necessitar a geração de uma carga térmica com simulação energética para cada localização.

Existem outros fatores que não tangem este trabalho de investigação, como sejam a disponibilidade energética ou o risco sísmico, tendo enfoque exclusivo na área de maior impacto para além dos próprios equipamentos de IT que é a área térmica. Um DC típico com PUE = 2,1 tem uma seguinte distribuição do consumo de energia elétrica (Rasmussen, 2012):

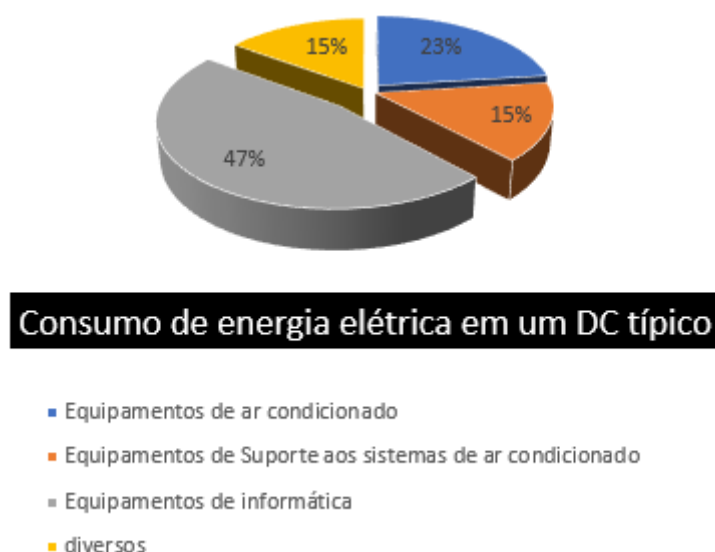


Figura 1 - Distribuição do consumo de energia elétrica num DC típico (Ramussen, 2012)

A questão é que em um DC típico, excetuando o consumo elétrico dos equipamentos de informática (47%), dos 53% restantes, o sistema de climatização é responsável por 38% do consumo elétrico total, ou seja, informática e ar condicionado corresponde a cerca de 72% de todo o consumo elétrico da infraestrutura. Como a ênfase deste trabalho não se encontra direcionada à eficiência dos equipamentos de informática, a ideia reside na utilização de um índice que possa auxiliar o investidor no apoio à tomada de decisão de qual o local mais adequado para a instalação de um DC, usando um ábaco com elementos simples e básicos.

Segundo EY (2015), os executivos necessitam de "Aumentar a velocidade da tomada de decisão e a eficiência da execução de projetos para aproveitar janelas de oportunidades".

Além do PUE (Power Usage Effectiveness), definido pelo The Green Grid (2012), a Thermal Guidelines for Data Processing Environments, já possui algumas simulações para o uso de "Freecooling" para algumas cidades dos Estados Unidos da América, como por exemplo Chicago.

Porém, neste trabalho são incluídos os sistemas adiabático evaporativo e o geotérmico nas simulações para criar um novo índice denominado EUED (Energy Usage Effectiveness Design) para avaliar os DCs ao invés do PUE tradicional. Este trabalho incluí a análise de dados de:

- ASHRAE Thermal Guidelines for Processing (2015) (já possuem as 02 cidades desejadas);
- Temperatura geotérmica: das cidades Curitiba e Porto Alegre (Santos, 2014).

Destinados ao cálculo do EUED e por posterior comparação com os valores de PUE COA. A análise e discussão de resultados visa obter um nível maior de informações para a tomada de decisão do local a ser instalado um DC.

## 2.0 Cidades escolhidas e características

Observando pela métrica de comparação o artigo irá de basear num datacenter de alta densidade, as cidades escolhidas de características semelhantes, são:

- Curitiba – Paraná;
- Porto Alegre – Rio Grande do Sul.

As cidades estão situadas na região sul do país, próximas a grandes bacias, e baseado apenas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnica).

Tabela 1 – dados das cidades de Curitiba e Porto Alegre

CIDADE	ANO FREQ.	DB°C	WB°C	ALTI-TUDE
Curitiba	0.4 %	30.9	23.2	908m
Curitiba	1%	29.8	22.6	908m
Curitiba	2%	28.7	22	908m
Porto Alegre	0.4 %	34.8	n/d	3m
Porto Alegre	1%	33.2	n/d	3m
Porto Alegre	2%	31.8	n/d	3m

A diferença entre os bulbos seco das cidades Curitiba e Porto Alegre é de 11,21%, e para efeitos psicrométricos a altitude entre as cidades são de Curitiba 908m e Porto Alegre 3m.

Para efeito de comparação usou-se um DC de alta densidade de 414 m<sup>2</sup>, medindo 28,8 X 14,4 m, e com uma dissipação de calor de equipamentos (347,3 kW de calor sensível, ou seja, 0,84 kW/m<sup>2</sup>) somados a carga térmica interna de 48 kW (condução, iluminação (8 kW ao todo), pessoas e outros (40 kW de perdas em Nobreak e outros), para isso foram selecionados 08 Equipamentos (04 efetivos e 04 reserva) de precisão de 30 TR “dual Fluid”, com 85% de Fator de Calor Sensível, conforme desenho e tabela abaixo:

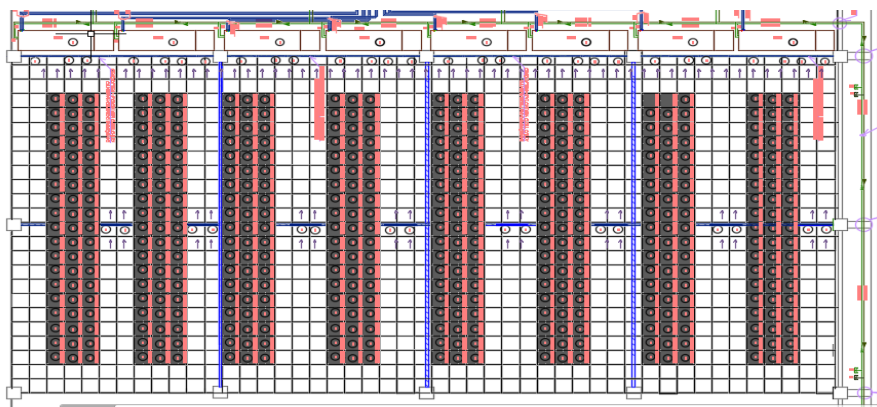


Figura 2 - Datacenter

O equipamento dual fluid possui as seguintes características:

Tabela 2 – Característica do equipamento Dual fluid

Modelo		L99
Capacidade de refrigeração total	kW	194.6
Capacidade de refrigeração sensível	kW	89.3
SHR		0.85
EER		3.40
Números de compressores.	n	2
Entrega de ar	m <sup>3</sup> /h	21100
Max. ESP	Pa	90
Nível de pressão sonora	dB(A)	66.9
Largura	mm	2550
Profundidade	mm	890

Ou seja, para a capacidade aproximada de 30 TR (Tonelada de Refrigeração ou 104,6 kW, para cada um dos oito equipamentos, sendo 1 efetivo e outro reserva), possui em EER (Energy Efficiency rate) de 3,4 kW/kW (na condição de expansão direta), ou seja, o ponto de força do ar condicionado para atender a carga Térmica será de 123,5 kW, portanto, o PUE COA, será de:

**PUE COA= Energia Total (equipamentos de dados + ar condicionado + Iluminação + perdas de nobreak e inversores e outros) / Energia Equipamentos de dados**

$$(347,3+123,05+8+40) / (347,3) = 1,50\text{-kW/kW}$$

Este valor de 1,50 kW/kW é um valor excelente visto que um DC típico já citado anteriormente é de 2,1 kW/kW.

Esses rendimentos dos equipamentos de ar condicionado se basearam numa temperatura de entrada do ar no condensador de 33 a 35°C, condição próxima das duas cidades já citadas, ou seja, o PUE COA das duas cidades seria quase o mesmo.

### 3. APRESENTAÇÃO ESTUDO DE COMPARAÇÃO PUE COA X EUED

PUE COA – Power Usage Effectiveness Constant Outdoor Air.

O PUE COA é o mesmo índice do PUE, mas, com ênfase em temperatura externa constante na média de 0,4% das maiores temperaturas atuais da NBR 16401.

Usando índices de temperatura de bulbo seco anual associado com a temperatura de ponto de orvalho coincidente (dados oriundos do Ashrae Weather Data Viewer), obtém índices do EUED, classificados como:

- Free Cooling – Sistema que permite usar as características entálpicas do ar externo para climatizar um recinto;
- Evaporativo – Resfriamento adiabático, que consiste em resfriar o ambiente usando a temperatura de bulbo úmido;
- COP – Coeficiente de performance, que é utilizado para avaliar a relação entre a capacidade da refrigeração obtida e o trabalho usado para realizá-lo.

Considerando por base uma temperatura de insuflamento de 20 °C em média, trabalhou-se com a metodologia EUED, com os seguintes fatores:

- A) Quando a temperatura estiver abaixo de 20°C e a entalpia estiver inferior a 18,4 BTU/LB, será apenas usado o Free Cooling;
- B) Quando a temperatura estiver entre 15 a 24 °C e a entalpia de 18,4 a 24 BTU/LB, será usado o sistema Evaporativo;
- C) Quando a temperatura estiver qualquer ponto acima de 20 °C e acima de 24 BTU/LB, será usado o sistema normal nas seguintes condições:
- 1) Temperatura de admissão de ar entre 24 a 27°C=COP 1;
  - 2) Temperatura de admissão de ar entre 27 a 30°C=COP 2;
  - 3) Temperatura de admissão de ar entre 30 a 33°C=COP 3;
  - 4) Temperatura de admissão de ar acima de 33°C qualquer condição = COP 4.

Para simular as condições do COP 1, 2, 3 e 4 foi usado o software Cool pack (onde foi iniciado pela condição 4 para simular um coeficiente isoentrópico padrão para conseguir identificar o COP com a variação nas temperaturas de condensação, para efeito de temperatura de condensação foi usado por padrão a média de temperatura de admissão de ar para cada situação somadas a 11 °C, com as seguintes condições:

Tabela 3 - Distribuição do consumo de energia elétrica num DC típico

Casos	Potência do equipamento base [kW]	Temperatura de condensação [°C]	Temperatura de evaporação [°C]	Fluido Refrigerante	COP [kW/kW]
COP1	104,5	36,5	5	R410 A	4,381
COP2	104,5	39,0	5	R 410 A	4,101
COP3	104,5	42,5	5	R 410 A	3,745
COP4	104,5	44,0	5	R 410 A	3,633

O cálculo do COP 4, para todos os casos de estudo devem-se considerar os ventiladores com a potência de 7,36 kW, ou seja, no caso de estudo COP4, o valor do COP sem os ventiladores atinge de 4,829 e para conseguir o COP com os ventiladores corresponde a seguinte:  $(104,5/(21,64 \text{ kW dos compressores}+7,36 \text{ kW dos ventiladores}))= 3,633 \text{ kW / kW}$ .

O COP 3, considerando os ventiladores com potência de 7,36 kW, ou seja, o COP de 5,087 com os ventiladores vai para  $(104,5/(20,54 \text{ kW dos compressor}+7,36 \text{ dos ventiladores}))= 3,745 \text{ kW/kW}$ .

O COP 2, considerando os ventiladores com potência de 7,36 kW, ou seja, o COP de 5,768 sem os ventiladores vai ter um COP com ventiladores de:  $(104,5 \text{ kW}/(18,12 \text{ do compressor}+7,36 \text{ dos ventiladores}))= 4,101 \text{ kW/kW}$ .

E por último o COP 1, considerando os ventiladores com potência de 7,36 kW, ou seja, o COP de 6,338 sem os ventiladores vai para com ventiladores:  $(104,5 \text{ kW}/(16,49+7,36))=4,381 \text{ kW/kW}$ .

A partir dos COPs, obtidos pelo software CoolPack e dos dados base da metodologia do sistema de entalpia para DCs, foi elaborado um sistema de ampla abrangência psicrométrica para todos os pontos possíveis de temperatura externa, seja para “Free Cooling”, Evaporativo ou Refrigeração.

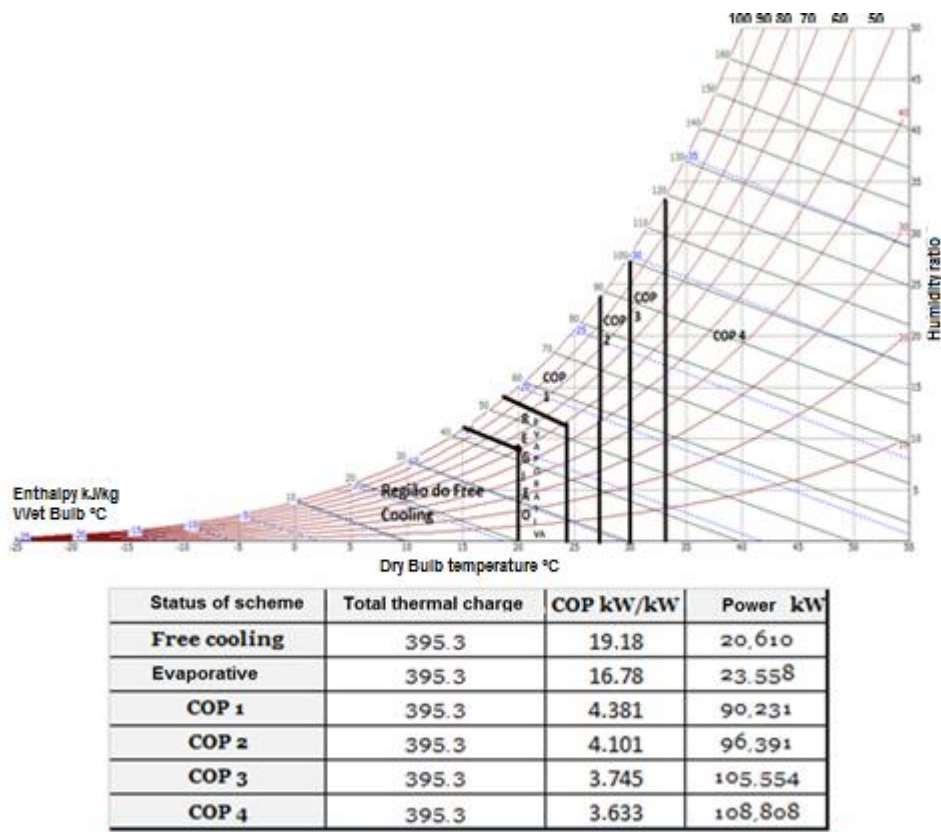


Figura 3 – Carta psicrométrica (COOLPACK, 2016).

Utilizando o Software da ASHRAE weather data viewer (2013) foi definido como método a associação das frequências de temperatura de bulbo seco com as temperaturas de ponto de orvalho coincidentes, e em cada ponto encontrou-se a entalpia associada a essa relação, chegou-se nas seguintes frequências acumuladas para cada sistema e cidade (tabela 4):

Tabela 4 – Frequência em horas de utilização

Situação de regime	Horas Regime Curitiba	Horas Regime Porto Alegre
Free Cooling	4410,000	3017,351
Evaporativo Cooling	3453,887	1781,557
COP 1	579,743	2031,606
COP 2	269,874	532,562
COP 3	45,987	228,55
COP 4	0,509	70,594

Com o mesmo software da ASHRAE, selecionando conforme proposto o índice EUED, classificou as frequências em horas trabalhadas das duas cidades. Nota-se que entre as cidades há diferenças, em Curitiba o sistema evaporativo quando a temperatura está entre 15 a 24 °C e a entalpia de 18,4 a 24 BTU/LB, teve maior frequência, que é de 3453,887 horas e Porto Alegre ficou a 1781,557 horas de frequências. Com um Free cooling, que é temperatura abaixo de 20°C e a entalpia estiver inferior a 18,4 BTU/LB, Curitiba tem 4410 horas de frequência e Porto Alegre tem 3017,351 horas.

Tabela 5 - Cálculos utilizando as regras do índice EUED.

Regime de Funcionamento	Carga Térmica Total [kW]	COP [kW/kW]	Potência [kW]	Curitiba [Horas]	Porto Alegre [Horas]
Free Cooling	395,3	19,18	20,610	4410,000	3017,351
Evaporativo	395,3	16,78	23,558	3453,887	1781,557
COP1	395,3	4,381	90,231	579,743	2031,606
COP2	395,3	4,101	96,391	269,874	532,562
COP3	395,3	3,745	105,554	45,987	228,55
COP4	395,3	3,633	108,808	0,509	70,594
Regime de Funcionamento	Energia P. Alegre ar [kWh/ano]	Energia Curitiba ar [kWh/ano]	Equipamentos [kWh/ano]	Iluminação [kWh/ano]	Outros [kWh/ano]
Free Cooling	62187,64	90890,143	3042348	70080	420480
Evaporativo	41969,57	81366,013			
COP1	183313	52310,503			
COP2	51334,26	26013,493			
COP3	24124,37	4854,091			
COP4	7681,161	55,362			
<b>Total gasto ar</b>	<b>370609,956</b>	<b>255489,606</b>			

Conforme a tabela 5, constata-se que com as regras propostas no EUED, onde se classifica em 6 níveis: Free cooling; Evaporativo; COP 1; COP 2; COP 3; COP 4. As cidades de Curitiba no Paraná e Porto Alegre no Rio Grande do Sul, tem consumos de energia de ar condicionado diferentes conforme sua temperatura e entalpia, num período de 8760 hs, sendo que Porto Alegre é 45,06 % a mais que Curitiba. Outra visualização nesta tabela é em relação que maior o COP menor é o consumo de energia.

Tabela 6 - Resultados finais dos cálculos utilizando as regras do índice EUED

Infra Curitiba kWh ano	3788397.606
Infra Porto Alegre kWh ano	3903517.956
EUED Curitiba	1.245
EUED Porto Alegre	1.283
DIFERENÇA EUED/PUE COA Curitiba ano	16.86%
DIFERENÇA EUED/PUE COA Porto Alegre ano	9.74%

Os consumos de energia com infraestrutura que é a somatório do consumo de energia com equipamentos de ar condicionado, equipamentos, iluminação e outros, entre as cidades dá uma diferença a mais de 3.04% de Porto Alegre em relação a Curitiba. Os índices obtidos com aplicação do índice EUED, foram respectivamente, de 1,245 para Curitiba, 1,283 kWh/kW para Porto Alegre, dando uma diferença de 16.86% para Curitiba e de 9.74% para Londrina em relação ao PUE COA, conforme tabela seguinte

Tabela 7 – Comparativo PUE COA com EUED

CIDADES	PUE COA	EUED
Curitiba	1,488	1,245
Porto Alegre	1,408	1,283

#### 4 – COP GEOTÉRMICO

Uma metodologia optativa para usar os recursos naturais para simulação em DCs é o uso da geotermia (no sentido de banho térmico para troca de calor) para reduzir as relações de compressão com intuito de aumentar o COP, sendo utilizado nas mesmas duas cidades anteriores.

Para usar o método de COP geotérmico será usada a média ponderada da temperatura geotérmica (SANTOS, 2014), com approach de 4 °C para a entrada de água no condensador, e com um approach em condensação à água de 6°C de temperatura de condensação, conforme dados fornecidos pela fabricante.

Dados para a cidade de Curitiba:

- Temperatura Média Curitiba geotérmica= 20,06°C;
- Temperatura de Entrada de água no condensador= 24,06°C;
- Temperatura de condensação= 30,06°C;
- COP Geotérmico apenas compressor= 8,326 W/W.

Usando o Coolpack pode-se verificar que existe um grande acréscimo de COP ao usar o sistema condensação à água geotérmico como opção para resfriamento, o valor total do consumo dos ventiladores era de 7,36 kW, sendo que o ventilador do condensador era de 2,208 kW, considerando que a vazão para um equipamento de 30 TR segundo o fabricante é de 20 m³/h e a altura manométrica desse sistema é perto de 15 MCA, pode-se dizer que o consumo da bomba se equivale ao consumo de um ventilador do condensador.

É importante ressaltar que o número de horas de geotérmico em Curitiba é de 896,11 horas (apenas 10,23% das horas anuais) e Porto Alegre é 2863,312 horas.

Essa quantidade é muito pequena para gerar um saturamento térmico para a contínua troca de calor.

Tabela 8 – Cálculo do EUED geotérmico e do COP geotérmico de Curitiba

Situação de regime	CARGA TÉR TO-TAL	COP (kW/kW)	Potencia (kW)	Horas Regime	Energia HVAC Annual kWh
Free Cooling	395,3	19,18	20,610	4410,000	90890,143
Evaporativo Cooling	395,3	16,78	23,558	3453,887	81366,013
COP 1	395,3	8,32	47,512	896,113	42576,124
					214832,281
				<b>COP EUED</b>	<b>16,119</b>
<b>EUED</b>	<b>1,232</b>			<b>Geotérmico</b>	<b>CURITIBA</b>

A maneira do cálculo do EUED geotérmico foi identificar o regime de operação para geotérmico (Free cooling, evaporativo e COP1), calcular no COOLPACK o novo COP para o COP1, e fazer os cálculos para o EUED geotérmico:

EUED Geotérmico = (3042348 (consumo dos Equipamentos [kWh/ano] +70080 (Iluminação [kWh/ano]+420480 (outros)+ a somatória das Energia HVAC Anual kWh) / consumo dos equipamentos [kWh/ano].

$$EUED_{Generic} = \frac{(consumption\ equipment) + (consumption\ lighting) + others (sum\ total\ energies\ HVAC)}{consumption\ equipment} \quad (1)$$

O cálculo do COP EUED geotérmico foi carga térmica total multiplicado pela horas totais do ano (8760) dividido pela Energia HVAC Anual kWh. Efetuado o mesmo desenvolvimento para a cidade de Porto Alegre, na tabela abaixo estão os valores calculados.

Tabela 9 – Comparativos entre PUE COA, EUED, COP PUE COA, COP EUED e COP EUED GEO

CIDADES	PUE COA	EUED	COP PUE COA	COP EUED	COP EUED GEO
Curitiba	1,488	1,245	3.345	13,553	16,119
Porto Alegre	1,408	1,283	3.393	9.344	11,845



Figura 4 – Gráfico comparativo do PUE COA, COP PUE COA, COP EUED e COP EUED geotérmico

Na figura 4, as informações dos comparativos do COP PUE COA, COP EUED e COP EUED geotérmico, demonstra que o COP EUED geotérmico o valor de COP bem maior que as outras cidades comparadas, com isso é o melhor modo de se ter resultados satisfatório nas instalações de novos DCs, ou seja, mapear as possibilidades geotérmicas pode ser muito útil na tomada de decisão de que cidade se instalar um DC.

## 7. CONCLUSÃO

O índice proposto EUED é um índice mais confiável comparado ao PUE para analisar a eficiência energética em novos DCs pelo fato que usa como métrica a energia ao invés de potência para comparação entre sistemas.

A entalpia é uma ferramenta essencial para escolher qual o melhor local para se instalar um DC, pela visão holística que compreende.

Os consumos de energia com infraestrutura que é a somatório do consumo de energia com equipamentos de ar condicionado, equipamentos, iluminação e outros, entre as cidades dá uma diferença a mais de 3.04% de Porto Alegre em relação a Curitiba. Os índices obtidos com aplicação do índice EUED, foram respectivamente, de 1,245 kW/kW para Curitiba, 1,283 kW/kW para Porto Alegre, dando uma diferença de 16.86% para Curitiba e de 9.74% para Londrina em relação ao PUE COA.

Com o COP geotérmico os resultados demonstram um valor de COP bem maior, com isso, amplia a possibilidade de dados para escolha de um local a se instalar um DC, em todas as opções Curitiba possui os melhores resultados.

## 8. REFERÊNCIAS

- ASHRAE. Thermal Guidelines for Data Processing Environments. 3rd Edition.
- ASHRAE Datacom series. 2011. ASHRAE. Technical Committee (TC) 9.9 - Mission Critical Facilities, Technology Spaces, and Electronic Equipment. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc. (ASHRAE), 2011.
- ASHRAE. Thermal Guidelines for Data Processing Environments. 4rd Edition. ASHRAE Datacom series. 2014.
- ASHRAE. Technical Committee (TC) 9.9 - Mission Critical Facilities, Technology Spaces, and Electronic Equipment. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc. (ASHRAE), 2014.
- ASHRAE. Guide Pocket ASHRAE for Air conditioning, Heating, Ventilation, and Refrigeration. ASHRAE. EUA. 7 edição. 2009
- ASHRAE. Ashrae Weather Data Viewer Software. Disponível em [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org), acessado em 02/05/2016.
- ABNT, 16401: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários, qualidade do ar interior. Rio de Janeiro, 2008.
- Cisco. Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology. 2014–2019. White Paper FLGD 12624, Cisco, 2015.
- Cisco. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology. 2014–2019. White Paper FLGD 12352, Cisco, 2015.
- EMERSONNETWORKPOWER. Característica do equipamento Dual fluid. Disponível em <http://www.emersonnetworkpower.com/en-US/Brands/Liebert/Pages/default.aspx>, Acessado em 02/03/2016.
- EPA. Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency, Public Law 109-431, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), ENERGY STAR Pro-gram, August 2, 2007.
- EXAME. Datacenters. Revista Exame. São Paulo. 2007.
- EY. Lessons from change: building a better working world. Ernst & Young. 2015.



- FILHO, Domingos Parra; SANTOS, João Almeida. Metodologia científica. Editora Futura. São Paulo, 2001.
- Harriman III & Lstiburek, The ASHRAE Guide for Buildings in Hot & Humid Climates. Second Edition, new content. ASHRAE.2009.
- IDC. Worldwide Datacenter Census and Construction 2014–2018 Forecast: Aging Enterprise Datacenters and the Accelerating Service Provider Buildout. Doc # 251830 - Market Analysis, International Data Corporation (IDC), October 2014.
- ISO 50006. Energy management systems -- Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy. 2014.
- Kavanaugh & Rafferty, Geothermal Heating and Cooling. First Edition, Design of Ground Source. ASHRAE.2014.
- Koomey, J. Growth in Data center electricity use 2005 to 2010. Oakland, CA: Analytics Press, 2011.
- NRDC. America's Data Centers Are Wasting Huge Amounts of Energy. Issue Brief, iB: 14-08-a, Natural Resources Defense Council (NRDC), August 2014.
- Rasmussen, N. Implementing Energy Efficient Data Centers. White Paper 114. Schneider Electric's Data Center Science Center. Schneider-Electric, 2012.
- SANTOS, Alexandre Fernandes. R. Simões. ANÁLISE DE TEMPERATURAS GEO-TÉRMICAS PARA APLICAÇÃO DE BOMBAS DE CALOR NO PARANÁ (Brasil). Curitiba, 2014.
- Saylor, J. R.; Cohen, A. Bar; Yu, Lee Tien; Simon, T. W.; Wei, Tong; Shey, Hu Pey. Fluid selection and property effects in single- and two-phase immersion cooling (of electronic components). IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology. Volume 11. Issue 4, Dec. 1988.
- STEINBRECHER, R.A., SCHMIDT, R. Performance indicators (EnPI) -- General principles and guidance. 2014.
- STEINBRECHER, R. A.; SCHMIDT, R. Data Center Environments: ASHRAE's Evolving Thermal Guidelines. ASHRAE Journal. December 2011, pp. 42.
- The Green Grid. PUE™: A comprehensive examination of the metric. White paper #49 (Eds: V. Avelar, D. Azevedo, A. French), The Green Grid, 2012.
- Thibodeau, P. Data centers are the new polluters. ComputerWorld, August. 2014.

#### 4 REFERÊNCIAS

- ASHRAE. 2010. Designation and safety classification of refrigerants. ANSI/ASHRAE Standard 34-2010.
- ASHRAE. 2010. Energy standard for building except low-rise residential buildings. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2010.
- ASHRAE. 2010. Thermal environmental conditions for human occupancy. ANSI/ASHRAE Standard 55-2010.
- ASHRAE. 2010. Ventilation for acceptable indoor air quality. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2010.
- ASHRAE. 2011. Standard method of test for the evaluation of building energy analysis computer programs. ANSI/ASHRAE Standard 140-2011.
- BLAST Support Office. 1991. *BLAST user reference*. University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Colebrook, C.F. 1938-1939. Turbulent flow in pipes, with particular reference to the transition region between the smooth and rough pipe laws. *Journal of the Institution of Civil Engineers* 11:133.
- Crawley, D.B. 1998. Which weather data should you use for energy simulations of commercial buildings? *ASHRAE Transactions* 104(2):498-515.
- Dittus, F.W., and L.M.K. Boelter. 1930. Heat transfer in automobile radiators of the tubular type. *University of California Engineering Publication* 13:443.
- EnergyPlus. 2012. *Engineering reference*. Available at <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/pdfs/engineeringreference.pdf>.
- Fox, R.W., A.T. McDonald, and P.J. Pritchard. 2004. *Introduction to fluid mechanics*. Wiley, New York.
- Hittle, D.C. 1999. The effect of beam solar radiation on peak cooling loads. *ASHRAE Transactions* 105(2):510-513.
- Huebscher, R.G. 1948. Friction equivalents for round, square and rectangular ducts. *ASHVE Transactions* 54:101-118.
- IBPSA. 2012. *References*. [http://www.ibpsa.org/m\\_references.asp](http://www.ibpsa.org/m_references.asp). International Building Performance Simulation Association.
- Idelchik, I.E., M.O. Steinberg, G.R. Malyavskaya, and O.G. Martynenko. 1994. *Handbook of hydraulic resistance*, 3rd ed. CRC Press/Begell House, Boca Raton.
- Incropera, F.P., D.P. DeWitt, T.L. Bergman, and A.S. Lavine. 2007. *Fundamentals of heat and mass transfer*, 6th ed. John Wiley & Sons, New York.
- ISO. 2007. Hygrothermal performance of buildings—Calculation and presentation of climatic data—Part 6: Accumulated temperature differences (degree days). *Standard 15927-6*. International Organization for Standardization, Geneva.
- Kandlikar, S.G. 2002. Fundamental issues related to flow boiling in mini channels and microchannels. *Experimental Thermal and Fluid Science* 26:389-407.
- Kreider, J.F., and A. Rabl. 1994. *Heating and cooling of buildings*. McGraw-Hill, New York.
- Lawrence Berkeley Laboratory (LBL). 1994. DOE2.1E-053 source code.
- LBL. 2003. *WINDOW 5.2: A PC program for analyzing window thermal performance for fenestration products*. LBL-44789. Windows and Daylighting Group. Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley.
- McQuiston, F.C., and J.D. Spitler. 1992. *Cooling and heating load calculation manual*. ASHRAE.
- Moody, L.F. 1944. Friction factors for pipe flow. *ASME Transactions* 66:672.
- NFPA. 2008. *Fire protection handbook*. National Fire Protection Association, 20th ed. Quincy, MA.

- NIST. 1990. Guidelines for realizing the international temperature scale of 1990 (ITS-90). NIST *Technical Note* 1265. National Institute of Technology and Standards, Gaithersburg, MD.
- NREL. 2011. National solar radiation database, 1991-2010 update: User's manual. *Technical Report* NREL/TP-581-41364. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO. Available at [http://rredc.nrel.gov/solar/old\\_data/nsrdb/1991-2010/](http://rredc.nrel.gov/solar/old_data/nsrdb/1991-2010/).
- Siegel, R., and J.R. Howell. 2002. *Thermal radiation heat transfer*, 4th ed. Taylor & Francis, New York.
- Spitler, J.D., and D.E. Fisher. 1999a. Development of periodic response factors for use with the radiant time series method. *ASHRAE Transactions* 105(2):491-509.
- Spitler, J.D., F.C. McQuiston, and K.L. Lindsey. 1993. The CLTD/SCL/CLF cooling load calculation method. *ASHRAE Transactions* 99(1): 183-192.
- U.S. Army. 1979. BLAST, the building loads analysis and system thermodynamics program—Users manual. U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory *Report* E-153.

## **EVALUATION OF THE HEAT AND ENERGY PERFORMANCE OF A DATACENTER FOR A NEW INDEX OF EFFICIENCY: ENERGY USAGE EFFECTIVENESS DESIGN – EUED**

**Abstract.** *Datacenters have real growth, with an increase of up to 53% in 2020, and energy efficiency in high-energy enclosures is key. There are already methodologies to measure this efficiency as the PUE (Power Usage Effectiveness). The unit suggested to measure the efficiency at the design stage would be the EUED (Energy Usage Efficiency Design) with this will be used data for use of "free coo-ling" and adiabatic system and still geothermal in some cases, a comparison will be made considering only the equipment in the worst situation, a difference was obtained between the indices of 16.86% for Curitiba and Porto Alegre of 9.74% in relation to the PUE COA (Cons-tant Outdoor Air). And to improve the mapping geothermal was used, calculated a geothermal COP for these cities, resulting in a much higher COP value, thus, being more useful when choosing locations for new DC's facilities.*

**Keywords:** *Datacenters, PUE, Data center cooling.*