



XVI CONBRAVA - CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DO AR
São Paulo Expo - 10 a 13 de setembro de 2019

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

**Alexandre Fernandes Santos, Pedro Dinis Gaspar,
Heraldo José Lopes de Souza**

RESUMO

Os datacenters têm um crescimento até 2020 de 53%. Existem metodologias que mensura m essa eficiência com o PUE (Power Usage Effectiveness) índice importante, não reflete de forma integral a eficiência. 03 DC's com PUE próximos como alternativa ao método atual este trabalho descreve o EUED (Energy Usage Effectiveness Design), usa energia como elemento comparativo na fase projeto, usando entalpia como novo método para obter resultados. Os consumos com infraestrutura é a somatório da energia com equipamentos de HVAC, equipamentos, iluminação e outros. Usando o EUED, foram 1,245kW/kW para Curitiba, 1,260 kW/kW para São Paulo e de 1,377 kW/kW para Rio de Janeiro. A diferença de 16.86% para Curitiba, de 16,19% São Paulo e 10,31% Rio de Janeiro em relação ao PUE COA (Power Usage Effectiveness Constant Outdoor Air). TEWI é uma métrica do impacto do aquecimento global, com base nas emissões de gases efeito estufa. Verificou que mesmo com o consumo HVAC anual kWh semelhantes, 2 cidades diferentes, com TEWI de Chicago (EUA) é 1,781,566,043 CO2 kW/10 anos e Curitiba (BRASIL) é 667,042, 128 CO2 kW/10 anos. Corresponde a uma emissão anual maior que a de Curitiba, de 267,08%.

Palavras-chave: Datacenters. PUE. Refrigeração de datacenters. TEWI.

ABSTRACT

Datacenters have a growth of 53% by 2020. There are methodologies that measure this efficiency with the PUE (Power Usage Effectiveness) important index, does not fully reflect efficiency. 03 DC's with nearby PUEs as an alternative to the current method This paper describes the EUED (Energy Usage Effectiveness Design), uses energy as a comparative element in the design phase, using enthalpy as a new method to obtain results. The consumption with infrastructure is the sum of energy with HVAC equipment, equipment, lighting and others. Using EUED, there were 1,245 kW / kW for Curitiba, 1,260 kW / kW for São Paulo and 1,377 kW / kW for Rio de Janeiro. The difference was 16.86% for Curitiba, 16.19% for Sao Paulo and 10.31% for Rio de Janeiro in relation to PUE COA (Power Usage Effectiveness Constant Outdoor Air). TEWI is a metric of the impact of global warming, based on greenhouse gas emissions. It found that even with annual HVAC consumption kWh similar, 2 different cities, with TEWI of Chigago (USA) is 1,781,566,043 CO2 kW / 10 years and Curitiba (BRAZIL) is 667,042, 128 CO2 kW / 10 years. Corresponds to an annual emission greater than that of Curitiba, of 267.08%.

Keywords: Datacenters. PUE. Cooling of datacenters. TEWI.

1 INTRODUÇÃO

Na última década, o crescimento da instalação de centros de processamento de dados, vulgo Datacenters (DC) e de servidores tem gerado um aumento significativo do consumo energético. Somente nos Estados Unidos da América

(EUA), os DC fizeram uso de 91 TWh, sendo previsto um aumento de 53% (139 TWh) em 2020. Em termos comparativos, em Portugal no ano de 2014, o consumo de energia elétrica abastecido a partir da rede pública totalizou 48,8 TWh, ou seja, menos de metade do consumo dos DC nos EUA. As indústrias de equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) continuam a aumentar a capacidade de armazenamento de dados dos equipamentos e simultaneamente a sua eficiência computacional. Na componente de suporte à operação de DC, vários setores, incluindo as indústrias de tecnologias de informação (IT – Information Technologies), provedores de projetos de infraestruturas físicas, de projetos de layout de DC e operadores, encontram-se focados na redução do consumo de energia indireto de DC, ou seja, de toda a infraestrutura não computacional, especificamente da energia e dos sistemas de arrefecimento.

Os DC são projetados com os mais modernos conceitos tecnológicos. Assentam geralmente em cinco blocos construtivos: subestação de entrada, a sala nobreak e baterias, a sala de geradores, central de ar-condicionado e salas de servidores. As concessionárias de energia elétrica alimentam as subestações de entrada com alta tensão e providenciam a ligação com os transformadores de entrada e adequam os níveis de tensão a níveis para sua distribuição dentro das instalações dos DC. 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 CO₂. 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 (3M, 2015).

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



Fonte: Rasmussen, 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.

Uma questão importante é que o PUE trabalha com ênfase em Potência e não em energia, uma métrica verdadeiramente precisa seria um EUED (Energy Usage Effecttiness Desing), este artigo irá comparar num mesmo tipo de sistema de climatização um EUED em duas cidades diferentes que a priori teriam um PUE muito próximo. 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. Este trabalho incluí a análise de dados de:

- ASHRAE Thermal Guidelines for Processing (2015) (já possuem as 03 cidades desejadas);
- Temperatura geotérmica: das cidades Curitiba, São Paulo e Rio de Janeiro (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 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;
- São Paulo – São Paulo;
- Rio de Janeiro – Rio de Janeiro.

As cidades estão, próximas a grandes bacias, e baseado apenas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnica). A diferença entre os bulbos seco das cidades Curitiba e São Paulo é de 3,56% e de Curitiba e Rio de Janeiro é de 10,03%, e para efeitos psicrométricos a altitude entre as cidades são de Curitiba 908m, São Paulo 803m e Rio de Janeiro 3m.

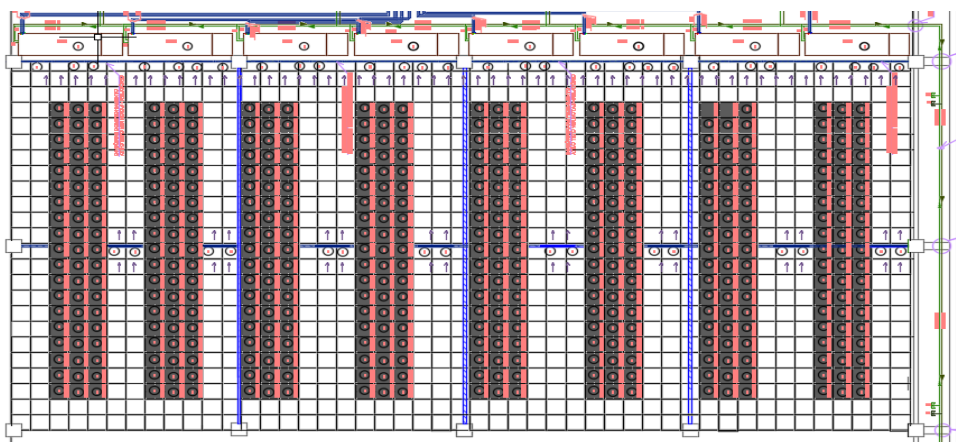
Tabela 1 – dados das cidades de Curitiba, São Paulo e Rio de Janeiro.

CIDADES	FREQ. ANO	DB°C	WB°C	ALTITUDE
Curitiba	0,4 %	30,9	23,2	908m
Curitiba	1%	29,8	22,6	908m
Curitiba	2%	28,7	22	908m
São Paulo	0,4 %	32,0	23,2	803m
São Paulo	1%	31,0	22,6	803m
São Paulo	2%	30,0	22,1	803m
Rio Janeiro	0,4%	34,0	26,6	3m
Rio Janeiro	1%	32,7	26,2	3m
Rio Janeiro	2%	31,8	25,8	3m

Fonte: NBR 16401, 2008.

Para efeito de comparação usou-se um DC de alta densidade de 414 m², 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/m²) 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 abaixo:

Figura 2 – Datacenter.



O equipamento dual fluid possui as seguintes características:

Tabela 2 - Característica do equipamento Dual Fluid

Modelo	unidade	L99
Capacidade Total de Refrigeração	kW	194,6
Capacidade de Refrigeração sensível	kW	89,3
SHR		0,85
EER		3,40
Número de compressores	n	2
Entrega de ar	m ³ /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 um efetivo e outro de reserva), possui a EER (*Energy Efficiency rate*) nominal de 3,4 kW/kW (na condição de expansão direta, tendo em vista um consumo nominal total do equipamento de 30,86 kW, para a condição de admissão de ar no condensador de 35 °C), ou seja, o consumo nominal do ar condicionado para atender a carga Térmica supracitada será de 123,44 kW, portanto, o PUE, será de:

PUE= Energia Total (equipamentos de dados + ar condicionado + iluminação + perdas de nobreak e inversores e outros) / Energia Equipamentos de dados
(01)

$$(347,3+123,44+8+40) / (347,3) = 1,50 - kW/kW$$

Este valor de PUE = 1,50 kW/kW é um valor excelente, visto que um DC típico conforme já citado anteriormente apresenta um PUE a rondar 2,1 kW/kW.

O rendimento dos equipamentos de ar condicionado baseou-se numa temperatura de entrada do ar no condensador de 35 °C. Para estabelecer uma comparação, foi feita uma simulação usando por base o software CoolPack para determinar o coeficiente isoentrópico do compressor. Para tal foram descontadas as potências dos ventiladores do evaporador e condensador. Ou seja, da condição do catálogo para um EER de 3,4 kW/kW que conta com os ventiladores do condensador e evaporador, desconta-se a potência dos ventiladores (7,36 kW), pelo que o valor do EER = 104,6 kW/23,5 kW, ficará em 4,5 kW/kW (específico do compressor).

3 ESTUDO DE COMPARAÇÃO PUE COA x EUED

PUE COA - Eficiência na utilização de energia Constante ar exterior. O PUE COA é o mesmo índice de PUE, mas com ênfase na temperatura externa na média de 0,4% das temperaturas atuais mais altas da NBR 16401.

O índice criado neste artigo do EUED trabalha com as 8760 horas (sendo as

métricas o uso de energia ao invés de energia, o que já é uma sugestão para a ISO 50006 onde eles vêm usando, para edifícios comerciais, a métrica de kWh / m²). Utilizando índices anuais de temperatura de bulbo seco associados à temperatura coincidente do ponto de orvalho (dados do *Ashrae Weather Data Viewer*), obtêm índices EUED, classificados como:

- *Free Cooling* – Sistema que permite usar as características entálpicas do ar externo para climatizar um recinto;
- Evaporativo – Arrefecimento adiabático direto ou indireto, que consiste em arrefecer o ar ambiente fazendo uso da temperatura de bulbo húmido;
- Sistema para condensação geotérmica (*ground source*) como opção de banho térmico para condensar o fluido refrigerante;
- COP – Coeficiente de performance, que é utilizado para avaliar a relação entre a capacidade de refrigeração obtida e o trabalho gasto para obtê-la.

Considerando por base uma temperatura média de insuflação de ar de 20 °C, na metodologia EUED foram especificados com os seguintes fatores (usando uma altitude de 163 m correspondente à média entre as duas cidades do estudo para exemplo inicial, Foz do Iguaçu e Manaus).

Situações:

- A) Quando a temperatura do ar externo estiver abaixo de 20°C e a entalpia for inferior a 42,797kJ/kg, será apenas usado o *Free Cooling*;
- B) Quando a temperatura estiver entre 15°C a 24°C e a entalpia de 42,7979 a 55,8233kJ/kg, será usado o sistema Evaporativo;
- C) Quando a temperatura estiver acima de 20°C e acima de 55,8233 kJ/kg de entalpia, será usado o sistema normal nas seguintes condições:
- 1) Temperatura de admissão de ar entre 24°C e 27°C = COP1;
 - 2) Temperatura de admissão de ar entre 27°C e 30°C = COP2;
 - 3) Temperatura de admissão de ar entre 30°C e 33°C = COP3;
 - 4) Temperatura de admissão de ar acima de 33°C em qualquer condição = COP4;
 - 5) Ainda na situação C, se a temperatura geotérmica estiver disponível a mesma será usada para determinar o COP, com um diferencial de 4°C da temperatura geotérmica.

Para simular as condições de COP1, COP2, COP3 e COP4 foi usado o software Cool pack (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 usada como padrão a média de temperatura de admissão de ar para cada situação somadas a 11°C, com as condições apresentadas na Tabela 10. Os resultados obtidos com o software apresentam-se descritos abaixo, para os casos COP4 a COP1 por ordem decrescente, para sistemas condensação à

água geotérmico será somado o valor de 6°C.

Tabela 3 – Distribuição de eletricidade consumida num DC.

Cases	Power of base equipment [kW]	Condensing temperature [°C]	Evaporation temperature [°C]	Cooling Fluid	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

Em todos os estudos para este caso, o cálculo para COP4 deve considerar os ventiladores alimentados a 7,36 kW; ou seja, no caso do estudo COP4, o valor do COP sem os torcedores chega a 4.829. Para alcançar o COP com os ventiladores, será utilizada a seguinte equação: $(104,5 / (21,64 \text{ kW dos compressores} + 7,36 \text{ kW dos ventiladores})) = 3,633 \text{ kW / kW}$.

O COP3 considerou os ventiladores alimentados a 7,36 kW, ou seja: um COP de 5,087, com os ventiladores, vai para $(104,5 / (20,54 \text{ kW dos compressores} + 7,36 \text{ dos ventiladores})) = 3,745 \text{ kW / kW}$.

COP2 com ventiladores alimentados a 7,36kW, o COP será $(104,5 \text{ kW} / (18,12 \text{ de compressores} + 7,36 \text{ de ventiladores})) = 4,101 \text{ kW / kW}$ e sem ventiladores subirá para 5,768kW / kW.

E finalmente, COP1 com ventiladores alimentados a 7,36 kW, o COP será $(104,5 \text{ kW} / (16,49 + 7,36)) = 4,381 \text{ kW / kW}$, enquanto o COP sem ventiladores irá para 6,338 kW / kW.

A partir dos COPs obtidos pelo software CoolPack e dos dados básicos da metodologia do sistema de entalpia para DCs, foi elaborado um sistema de cobertura psicrométrica ampla para todos os pontos de temperatura externos possíveis, seja para "Free Cooling", Evaporative ou apenas Cooling. Utilizando o visualizador de dados climáticos ASHRAE (2013), a associação das frequências de temperatura de bulbo seco com as temperaturas coincidentes do ponto de orvalho foi definida como o método; e em cada ponto, a entalpia associada a essa relação foi encontrada nas seguintes frequências cumulativas para cada sistema e cidade (Tabela 5):

Gráfico1 – Gráfico Psicrométrico

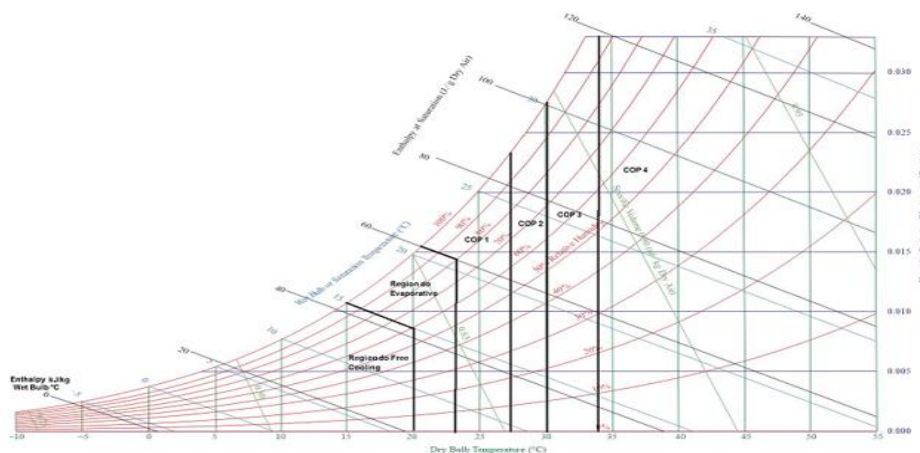


Tabela 4 – Dados da carta psicrométrica

Operating system	Total Thermal Charge	COP (kW·kW ⁻¹)	Power (kW)
Free Cooling	395.3	19.180	20.610
Evaporative	395.3	16.780	23.558
COP 1	395.3	4.381	90.231
COP 2	395.3	4.101	96.391
COP 3	395.3	3.795	105.554
COP 4	395.3	3.633	108.808

Fonte: Coolpack, 2019.

Utilizando o mesmo software ASHRAE, selecionando o índice EUED proposto, classificou as frequências em horas de trabalho para as três cidades. Vale ressaltar que entre as cidades existem diferenças. Em Curitiba, o sistema de evaporação, quando a temperatura está entre 15 e 24 ° C e a entalpia de 18,4 a 24 BTU / LB, teve uma frequência maior, que é de 3453.887 horas; São Paulo 4713,20 horas e Rio de Janeiro 2131.860 horas de frequências. Com um Free Cooling, com temperatura abaixo de 20 ° C e entalpia menor que 18,4 BTU / LB, Curitiba possui 4410 horas de frequência, São Paulo 2574.191 horas e Rio de Janeiro 159.515 horas.

De acordo com a Tabela 5, verifica-se que com as regras propostas no EUED, 6 níveis foram classificados: Free Cooling; Evaporativo; COP 1; COP 2; COP 3; COP 4. As cidades de Curitiba, São Paulo e Rio de Janeiro, têm energia de consumo de ar diferente de acordo com sua temperatura e entalpia. Em um período de 8.760 horas, São Paulo utilizou 18,06% mais energia que Curitiba, e Rio de Janeiro 57,35% mais energia que Curitiba. Outra visão nesta tabela mostra a relação entre COP e energia. Quanto mais alto o COP, menor é o consumo de energia.

O consumo de energia com infraestrutura, que é a soma do consumo de energia com ar condicionado, equipamentos, iluminação e outros equipamentos, entre as cidades, mostra uma diferença de mais de 1,21% para São Paulo em relação a Curitiba; e 10,61% para o Rio de Janeiro em relação a Curitiba. Os índices obtidos com a aplicação do índice EUED foram, respectivamente, 1.245 kW / kW para Curitiba, 1.260 kW / kW para São Paulo e 1.377 kW / kW para o Rio de Janeiro, mostrando uma diferença de 16,86% para Curitiba, São Paulo 16.19 % e 10,31% para o Rio de Janeiro em relação à PUE, como mostra a Tabela 7.

Tabela 5 – Frequência de horas em uso

System status	Curitiba hours	São Paulo hours	Rio Janeiro hours
Free Cooling	4410.000	2574.191	159.515
Evaporativo Cooling	3453.887	4713.820	2131.860
COP 1	579.743	906.945	4536.432
COP 2	269.874	434.482	1108.059
COP 3	45.987	122.639	554.971
COP 4	0.509	7.922	269.163

Tabela 6 – Cálculos usando regras de índice do EUED

Operating System	Thermal Load Total [kW]	COP [kW/kW]	Power [kW]	Curitiba [Hours]	São Paulo [Hours]	Rio Janeiro [Hours]
Free Cooling	395.3	19.18	20.610	4410.000	2574.191	159.515
Evaporativo	395.3	16.78	23.558	3453.887	4713.820	2131.860
COP1	395.3	4.381	90,231	579,743	906.945	4536432
COP2	395.3	4.101	96.391	269.874	434.482	1108.059
COP3	395.3	3.745	105.554	45.987	122.639	554.971
COP4	395.3	3.633	108.808	0.509	7.922	269.163
Operating System	Energy São Paulo air [kWh/year]	Energy Curitiba air [kWh/year]	Energy Rio Janeiro air [kWh/year]	Equipment [kWh/year]	Lighting [kWh/year]	Others [kWh/year]
Free Cooling	53054.104	90890.143	3287.599	3042348	70080	420480
vaporativo	111047.266	81366.013	50221.945			
COP1	81834.164	52310.503	409324.685			
COP2	41880.210	26013.493	106807.078			
COP3	12945.054	4854.091	58579.443			
COP4	862,021	55.362	29287.177			
Total air spending	301622.819	255489.606	657507.928			

Tabela 7 - Resultados finais nos cálculos usando as regras de índices do EUED

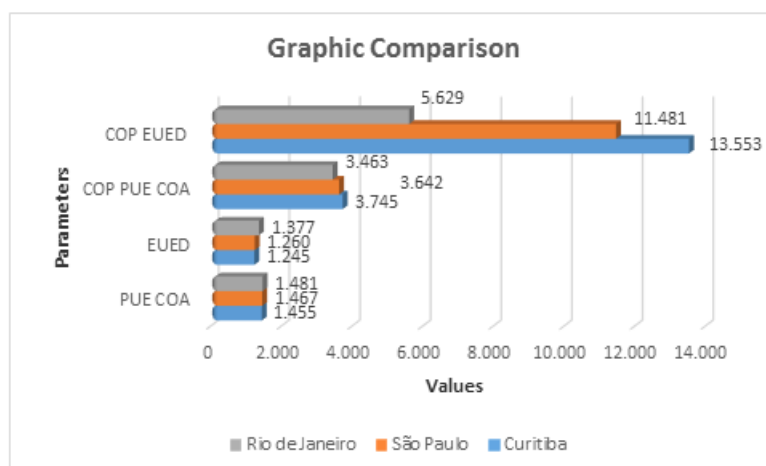
Infra Rio Janeiro kWh/h anos	4190415.928
Infra Curitiba kWh anos	3788397.606
Infra São Paulo kWh anos	3834530.819
EUED Curitiba	1.245
EUED São Paulo	1.260
EUED Rio de Janeiro	1.377
DIFERENÇA EUED/PUE COA Curitiba anos	16.86%
DIFERENÇA EUED/PUE COA São Paulo anos	16.19%
DIFERENÇA EUED/PUE COA Rio de Janeiro anos	10.31%

Na figura 2, a informação comparativa do COP PUE COA e COP EUED mostra que o COP EUED, COP é muito maior que as outras cidades comparadas, então esta é a melhor maneira de mapear as possibilidades no projeto e ter resultados satisfatórios em as instalações de novos DCs.

Tabela 8 – Comparação de PUE COA, EUED, COP PUE COA and COP EUED

CIDADES	PUE COA	EUED	COP PUE COA	COP EUED
Curitiba	1.455	1.245	3.745	13.553
São Paulo	1.467	1.260	3.642	11.481
Rio de Janeiro	1.481	1.377	3.463	5.629

Gráfico 2 – Comparativo COP EUED, COP PUE COA, EUED e PUE COD e PUE COA



3.1 Usando TEWI

TEWI é uma métrica do impacto do aquecimento global de equipamentos com base no total de emissões de gases de efeito estufa durante a operação do equipamento e o descarte de fluidos operacionais no final da vida útil. O TEWI leva em consideração as emissões diretas, indiretas, produzidas através da energia consumida nas operações do equipamento. O TEWI é medido em unidades de massa em kg de dióxido de carbono equivalente (CO₂) (AHRTI, 2015). Esta metodologia foi aplicada no desenvolvimento do projeto do DC, determinando uma PUE COA para comparar a eficiência com o EUED nas três localidades calculadas, Curitiba, Rio de Janeiro e São Paulo. Os dados foram selecionados pela ABNT NBR 16401-01-2008. Nesta etapa, a cidade de Chicago (EUA) foi adicionada, onde você pode ver a comparação dos dados do Bulbo seco e do Bulbo húmido.

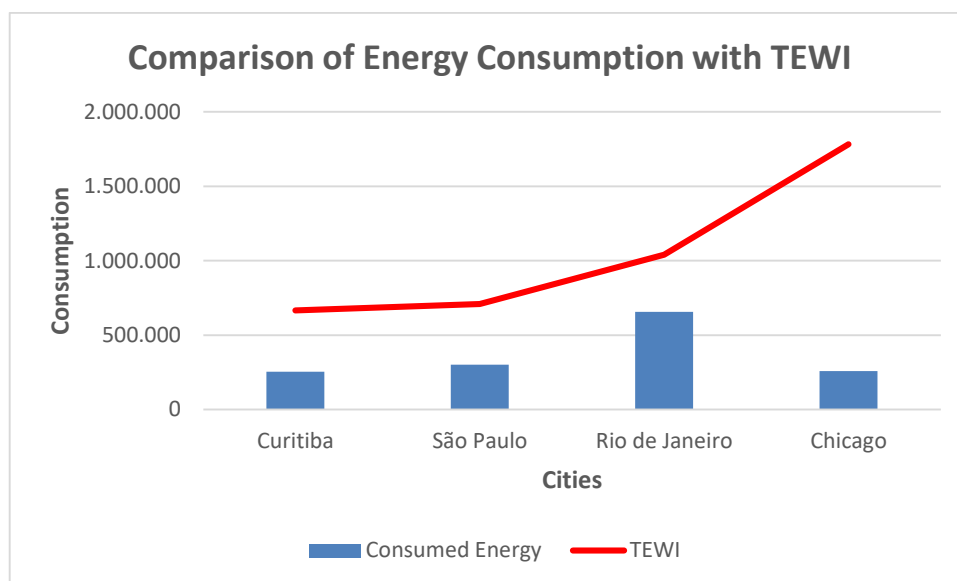
Tabela 9 - Comparação de TEWI

CITIES	EUED	COP PUE COA/VENTILADOR	Consumed Energy	TEWI
Curitiba	1.277	3.745	255489.60	667042.128
São Paulo	1.163	3.642	301622.819	709946.022
Rio de Janeiro	1.389	3.122	657507.928	1040919.173
Chicago	1,246	3.477	258533,316	1781566,043

Conforme a tabela 8, foi constatado que com consumo Energia HVAC Anual kWh parecidos, Curitiba e Chicago, o TEWI delas são extremamente diferentes,

onde TEWI de Chigago (EUA) é 1.781.566,043 CO₂ kW/10 anos e de Curitiba (BRASIL) é de 667.042,128 CO₂ kW/10 anos. Corresponde um gasto anual a mais que Curitiba de 267,08%.

Gráfico 3 – Comparação da energia consumida com TEWI



4 CONCLUSIONS

O índice EUED proposto é um índice mais confiável em comparação com o PUE para analisar a eficiência energética em novos DCs pelo fato de usar energia ao invés de energia para comparação entre sistemas como uma métrica. A entalpia é uma ferramenta essencial para escolher o melhor local para isolar um DC, para a visão holística que ele entende. O consumo de energia com infraestrutura, que é a soma do consumo de energia com ar condicionado, equipamentos, iluminação e outros equipamentos, entre as cidades dá uma diferença para mais de 1,21% de São Paulo em relação a Curitiba e 10,61% do Rio de Janeiro em relação para Curitiba. Os índices obtidos com aplicação do índice EUED foram, respectivamente, 1.245 kW / kW para Curitiba, 1.260 kW / kW para São Paulo e 1.377 kW / kW para o Rio de Janeiro, com diferença de 16,86% para Curitiba, 16,19% para São Paulo. Paulo e 10,31% para o Rio de Janeiro em relação ao PUE COA. Foi feito aquele, usando TEWI o consumo Energia AVAC Anual kWh parecidos, Curitiba e Chicago, o TEWI as cores são extremamente diferentes, onde TEWI de Chicago (EUA) é 1.781.566.043 CO₂ kW / 10 anos e de Curitiba (BRASIL) é de 667.042, 128 kW de CO₂ / 10 anos. Correspondente a um gasto anual maior que Curitiba de 267,08%.

REFERENCIAS

ABNT, 16401 (2008): Instalações de ar condicionado - Sistemas centrais e unitários, qualidade do ar interior. Rio de Janeiro.

CONBRAVA 2019 – São Paulo Expo, 10 a 13 de Setembro de 2019 - São Paulo, Brasil

AHRTI. Methods of Calculating Total Equivalent Warming Impact (TEWI). AIRHA. 2012.
Cisco. (2015). Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology. 2014–2019. White Paper FLGD 12624, Cisco.

ASHRAE. (2011). Thermal Guidelines for Data Processing Environments. 3^o 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. (2014). Technical Committee (TC) 9.9 - Mission Critical Facilities, Technology Spaces, and Electronic Equipment. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc. (ASHRAE).

ASHRAE. (2009). Guide Pocket ASHRAE for Air conditioning, Heating, Ventilation, and Refrigeration. ASHRAE. EUA. 7^o edição.

EPA. (2007). 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.

EY. (2015). Lessons from change: building a better working world. Ernst & Young.

IDC. (2014). 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 (2014). Energy management systems -- Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy.

Koomey, J. (2011). Growth in Data center electricity use 2005 to 2010. Oakland, CA: Analytics Press.

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. (2012). Implementing Energy Efficient Data Centers. White Paper Schneider Electric's Data Center Science Center. Schneider-Electric.

STEINBRECHER, R.A., SCHMIDT, R. (2014). Performance indicators (EnPI) -- General principles and guidance.

The Green Grid. PUE™ (2012): A comprehensive examination of the metric. White paper #49 (Eds: V. Avelar, D. Azevedo, A. French), The Green Grid.

Thibodeau, P. (2014). Data centers are the new polluters. ComputerWorld, August. 2014.