

INVESTIGAÇÃO DO POTENCIAL TÉRMICO DE TROCADORES DE CALOR SOLO-AR EM PELOTAS – RS

PATRICK GARCIA MACHADO¹; RUTH DA SILVA BRUM²; DANIELA BUSKE³

¹*Universidade Federal de Pelotas – patrickgarciamachado@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – ruthdasilvabrum@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – danielabuske@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

A humanidade vem enfrentando nos últimos anos os efeitos das mudanças climáticas causadas majoritariamente por suas próprias ações no planeta. Entre essas mudanças, um vetor fundamental é o aumento da temperatura global que se não crescer dentro de um intervalo menor que 2°C até o final do século, fará com que a vida no planeta e ele próprio sofram vários danos (Kaplan e New, 2006).

Como aponta Agrawal et al. (2018), um terço do total da energia global é consumida em sistemas de aquecimento e resfriamento de ambientes, a fim de atender às necessidades de conforto térmico dos seus ocupantes. Segundo Spetch et al. (2010), em prédios com fachadas envidraçadas, tal demanda atinge o patamar de 70% do total de energia consumida pela edificação.

Nesse sentido, os trocadores de calor solo-ar (TCSA) constituem uma resposta positiva aos esforços para um consumo energético mais sustentável e, consequentemente, para o aumento da eficiência energética das edificações. O TCSA é um sistema de dutos enterrados no solo, através dos quais o ar escoa do ambiente externo para o ambiente interno da construção, diminuindo ou aumentando a sua temperatura, de acordo com a sazonalidade do ano.

Tal efeito é possível devido à inércia térmica do solo, cuja variação da temperatura é inversamente proporcional à profundidade analisada. Além dessa propriedade, outros fatores importantes para a diminuição da variação da temperatura no solo são o seu grau de saturação (Agrawal et al., 2018) e seus materiais constituintes (Cuny et al., 2018).

Além disso, Estrada et al. (2018) mostrou que para analisar com maior precisão o potencial térmico de um TCSA é necessário levar em consideração o conjunto completo das trocas de calor que ocorrem no interior dos dutos, avaliando tanto as trocas devidas às mudanças de temperatura (calor sensível) quanto às mudanças de estado (calor latente).

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar a modelagem transiente de um TCSA com um único duto, implementado pelo método de Diferenças Finitas, levando em consideração as configurações físicas e meteorológicas do ano de 2019 na cidade de Pelotas – RS.

2. METODOLOGIA

O TCSA avaliado consiste de um único duto enterrado a 3m da superfície do solo. Como aponta Estrada et al. (2018), o TCSA enterrado a 3-4m pode facilmente suprir a demanda energética das edificações, levando em conta também as características do clima regional. Ademais, o TCSA é equipado com um ventilador que sopra o vento no interior do duto e cujo motor é considerado como instalado fora do duto e de suas periferias.

Assim, podemos escrever a equação de conservação da energia para um TCSA com um único duto em termos de sua entalpia (h), em função do comprimento do duto (x) e do tempo (t):

$$\frac{\rho_{ha}\pi D^2}{4} \frac{\partial h}{\partial t} = -m_a \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{h_{cv}p}{c_{p,ha}}(h_w - h), \quad 0 < x < L, t > 0, \quad (1)$$

onde ρ_{ha} é a massa específica do ar úmido, D é o diâmetro interno do duto, m_a é a vazão mássica do ar, h_{cv} é o coeficiente de transferência de calor convectivo, p é o perímetro interno do duto, $c_{p,ha}$ é o calor específico do ar úmido e h_w é a entalpia da parede interna do duto. A Eq. (1) está submetida às condições $h(0, t) = h_{in}$ e $h(x, 0) = h_w$.

Para realizar a modelagem numérica e a implementação computacional, utilizou-se o Método das Diferenças Finitas, onde $h_j^i = h(t_i, x_j)$ sendo i e j os índices da discretização do tempo e do comprimento do duto, respectivamente:

$$\frac{\rho_{ha}\pi D^2}{4} \cdot \frac{h_j^i - h_j^{i-1}}{\Delta t} = -m_a \cdot \frac{h_j^i - h_{j-1}^i}{\Delta x} - \frac{h_{cv}p}{c_{p,ha}} \cdot h_j^i + \frac{h_{cv}p}{c_{p,ha}} \cdot h_w, \quad (2)$$

com $0 < x_i < x_m = L$ e $0 = t_1 < t_i < t_n$.

Comparou-se esse modelo proposto pela Eq. (4) com o de Estrada et al. (2018), aplicado à cidade do Rio de Janeiro (RJ), apresentado na Fig. 1. Considerou-se diâmetro interno do duto de 10cm, comprimento do duto de 50m, vazão mássica de 40g/s e o número de Nusselt igual a 68.3. Os dados meteorológicos foram obtidos a partir do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

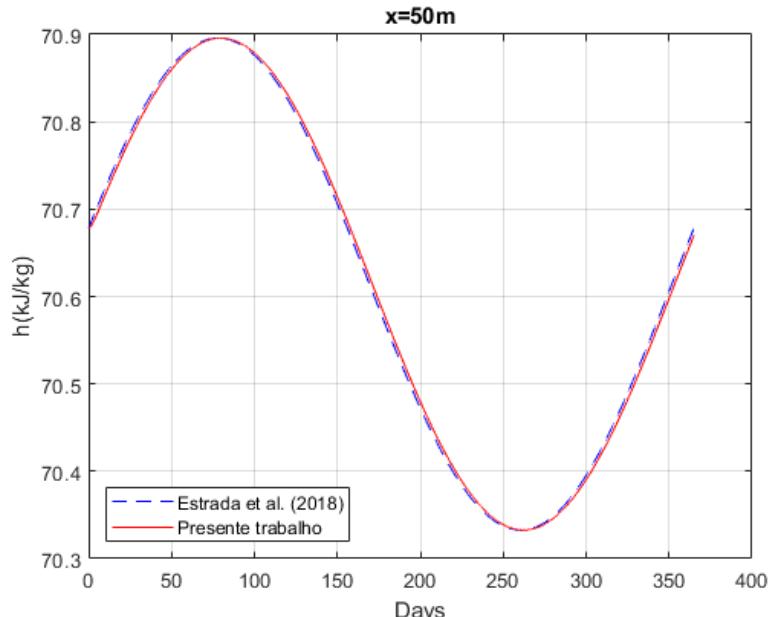


Figura 1: Comparação entre o Estrada et al. (2018) e o presente trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a modelagem do potencial térmico do TCSA na cidade de Pelotas, considerou-se os dados meteorológicos do Boletim da Estação Agroclimatológica de Pelotas. Com relação às características do duto, considerou-se este com as mes-

mas configurações apresentadas no trabalho de Estrada et al. (2018). Os resultados são apresentados na Fig. 2.

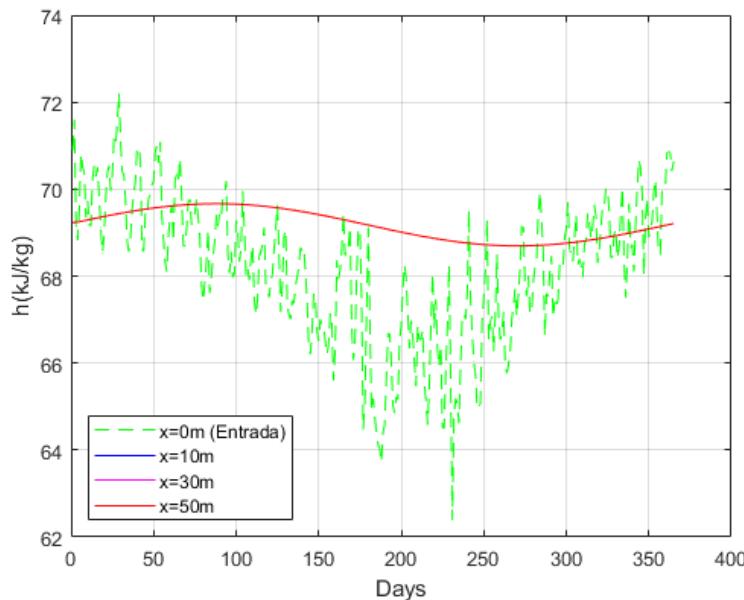


Figura 2: Entalpia ao longo do TCSA com diferentes comprimentos para o ano de 2019 em Pelotas – RS.

Os resultados apontam que a entalpia ao longo de um TCSA com apenas um duto varia entre 68kJ/kg e 70kJ/kg na saída do duto avaliada entre 10m e 50m. A variação de temperatura é de cerca de 6,5°C para o modelo analisado, considerando a cidade de Pelotas-RS e suas características.

Além disso, variou-se o diâmetro interno do duto para a metade (5cm) e o dobro (20cm) do duto analisado em Estrada et al. (2018). Os resultados, apresentados na Fig. 3, indicam que tal variação não interfere significativamente no desempenho térmico do TCSA.

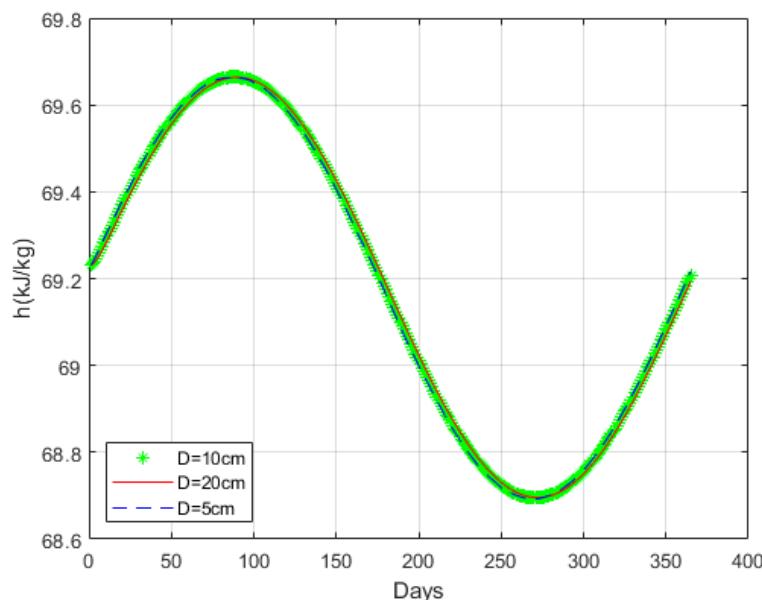


Fig. 3: Entalpia ao longo do TCSA com diferentes diâmetros para o ano de 2019 em Pelotas – RS.

4. CONCLUSÕES

É uma preocupação constante a melhoria da relação entre a necessidade de geração e consumo de energia pela humanidade e a sustentabilidade do planeta nesses processos.

Mostrou-se neste trabalho que os TCSA são uma alternativa considerável em se tratando do aumento da eficiência energética das edificações residenciais, ao se constatar um fator significativo de arrefecimento e aquecimento do ar. Também, concluiu-se que uma pequena variação do diâmetro interno não influencia substancialmente no desempenho do TCSA.

Além disso, os TCSA apresentam um comportamento satisfatório para Pelotas-RS e cidades com configurações geofísicas e climatológicas semelhantes. A seguir, pretende-se aplicar o modelo transiente desenvolvido neste trabalho a outras cidades do país, a fim de desenvolver um estudo robusto sobre a influência das diversas características físicas e meteorológicas no desempenho e aplicabilidade dos TCSA.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWAL, K. K., MISRA, R., YADAV, T., DAS AGRAWAL, G., JAMUWA, D. K. Experimental study to investigate the effect of water impregnation on thermal performance of earth air heat exchanger for summer cooling in hot and arid climate. **Renewable Energy**, Amsterdam, v. 120, p. 255-265, 2018.

CUNY, M., LIN, J., SIROUX, M., MAGNENET, V., FOND, C. Influence of coating soil types on the energy of earth-air heat exchanger. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 158, p. 1000-1012, 2018.

Estação Agrometeorológica de Pelotas. **Boletim Agrometeorológico**. Acessado em 24 set. 2020. Online. Disponível em: <http://agromet.cpact.embrapa.br/estacao/boletim.php>.

ESTRADA, E., LABAT, M., LORENTE, S., ROCHA, L. A. O. The impact of latent heat exchanges in on the design of earth-air heat exchangers. **Applied Thermal Engineering**, Amsterdam, v. 129 n.?, p. 306 - 317, 2018.

INMET. **Dados Históricos**. Acessado em 24 set. 2020. Online. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br/portal/>.

KAPLAN, J. O., NEW, M. Artic climate change with 2°C global warming: Timing, climate patterns and vegetation change. **Climate Change**, Berlim, v. 79, p. 213-241, 2006.

SPETCH, J. O., NEW, M. Análise da transferência de calor em paredes compostas por diferentes materiais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 7-18, 2010.