

MODELAGEM TÉRMICA E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL TÉRMICO DO SOLO EM RIVERA, URUGUAI

**GEILSON DE A. SOARES¹; PAMELA GABRIELA B. PEREIRA²; CINDY J. ORTIZ
GAMBA²; HONÓRIO J. FERNANDO³; JAIRO V. A. RAMALHO¹; WILMAR A.
PINEDA CASTIBLANCO².**

¹Universidade Federal de Pelotas – geilson.soares@ufpel.edu.br, jairo.ramalho@ufpel.edu.br

²Universidad Tecnológica del Uruguay – pamela.barboza@utec.edu.uy, cindy.ortiz@utec.edu.uy,
wilmar.pineda@utec.edu.uy

³Universidade Federal Fluminense – honoriofernando@id.uff.br

1. INTRODUÇÃO

A utilização de Trocadores de Calor Solo-Ar (TCSA) tem se destacado como uma estratégia eficaz na redução do consumo de energia em sistemas de ar condicionado. Esses sistemas são compostos por ventiladores de baixa potência e dutos subterrâneos, que permitem a transferência de calor entre o ar ambiente e o solo circundante. Essa troca de calor resulta em uma saída de ar com uma temperatura mais amena, o que é benéfico tanto para o conforto térmico quanto para a redução do consumo de energia (RAMALHO et al., 2022).

O funcionamento dos TCSA reside na capacidade do solo de atuar como um reservatório térmico natural. Durante o verão, quando as temperaturas externas estão mais altas, o solo absorve o excesso de calor do ar que passa pelos dutos subterrâneos. Isso resfria o ar antes que ele seja introduzido no ambiente interior. No inverno, ocorre o contrário, o solo tende a manter uma temperatura mais elevada do que o ar ambiente, aquecendo assim o ar que circula nos dutos subterrâneos.

Para avaliar o desempenho dos TCSA em uma determinada região, é comum avaliar dados meteorológicos locais e utilizar modelos matemáticos que representem as temperaturas do ar e do solo ao longo do ano. No presente trabalho, está sendo investigado o ajuste dos dados de temperatura por meio de funções trigonométricas em uma cidade do departamento de Rivera, no Uruguai. Nessa região, o clima é caracterizado como temperado, com as estações do ano bem definidas, e as variações anuais de temperatura seguem um padrão periódico.

Os códigos utilizados para realizar esses ajustes baseiam-se nos trabalhos de Soares et al. (2023) e Brum et al. (2015). Nesse estudo, os autores adotaram uma função real contínua da forma $f(t) = A \sin(2\pi t/T + B) + C$, em que t é o tempo em horas, A , B e C são constantes reais e T representa um período de 24 horas. Essa função é capaz de capturar as variações periódicas nas temperaturas do ar e do solo ao longo do dia.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar os resultados obtidos a partir desses ajustes diários da temperatura da superfície do solo. Isso permitirá uma estimativa do potencial térmico da região e ajudará a avaliar o dimensionamento e a instalação futura de TCSA no local, contribuindo assim para a disseminação desta tecnologia que ainda é pouca usada regionalmente.

2. METODOLOGIA

Foi realizado, no início desse ano, um estudo experimental na Universidad Tecnológica del Uruguay (UTECH) sobre o comportamento do solo local, visando futura instalação de TCSA. Foram coletadas e analisadas as temperaturas do solo na região de interesse e foram feitos ajustes das temperaturas da superfície. A coleta de dados envolveu sensores posicionados na superfície do solo e em diferentes profundidades: 0,4m, 0,8m, 1,2m, 1,6m e 2m, proporcionando uma avaliação das variações de temperatura em várias camadas do solo. Isso é relevante para dimensionar adequadamente e avaliar a instalação dos TCSA no local. Os sensores foram instalados pela equipe de pesquisa da UTECH e organizados em três caixas, com uma distância de aproximadamente 3 metros entre elas. Todas as caixas estão ligadas a uma tubulação que contém 5 sensores, abrangendo as diferentes profundidades. Uma das caixas contém também um sexto sensor para capturar a temperatura da superfície (Ver Figura 1).



Figura 1: Foto da instalação no local.

Esse trabalho apresenta todas as temperaturas medidas, porém foram feitos primeiramente ajustes diários das temperaturas da superfície do solo. Isso se deve ao impacto direto dessas variações de temperatura no desempenho dos sistemas TCSA, já que a superfície está em contato direto com o ar ambiente. Além disso, com essas medidas, podemos estimar, via modelos, o potencial térmico do solo e compará-lo com os dados obtidos experimentalmente (DOMINGUES et al., 2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados deste estudo experimental que investigou o comportamento das temperaturas do solo na região de interesse, fica evidente que os TCSA apresentam um considerável potencial nessa localidade. A análise dos ajustes diários das temperaturas da superfície do solo confirmou nossas expectativas, como demonstrado nas Figuras 2 e 3.

A Figura 2 exibe uma comparação entre as temperaturas do solo e os ajustes diários durante um período de 1080 horas, abrangendo os dias de 11 de julho a 31 de agosto de 2023. Nesse gráfico, a cada intervalo de 24 horas, é

claramente perceptível o registro dos valores máximos e mínimos. Da mesma forma, a Figura 3 ilustra os ajustes diários realizados em um período de 72 horas, entre os dias 15 e 17 de setembro de 2023. Mais uma vez, observamos que as temperaturas da superfície do solo em cada dia seguem um padrão semelhante a uma onda senoidal, e os ajustes permanecem próximos à média dessas temperaturas.

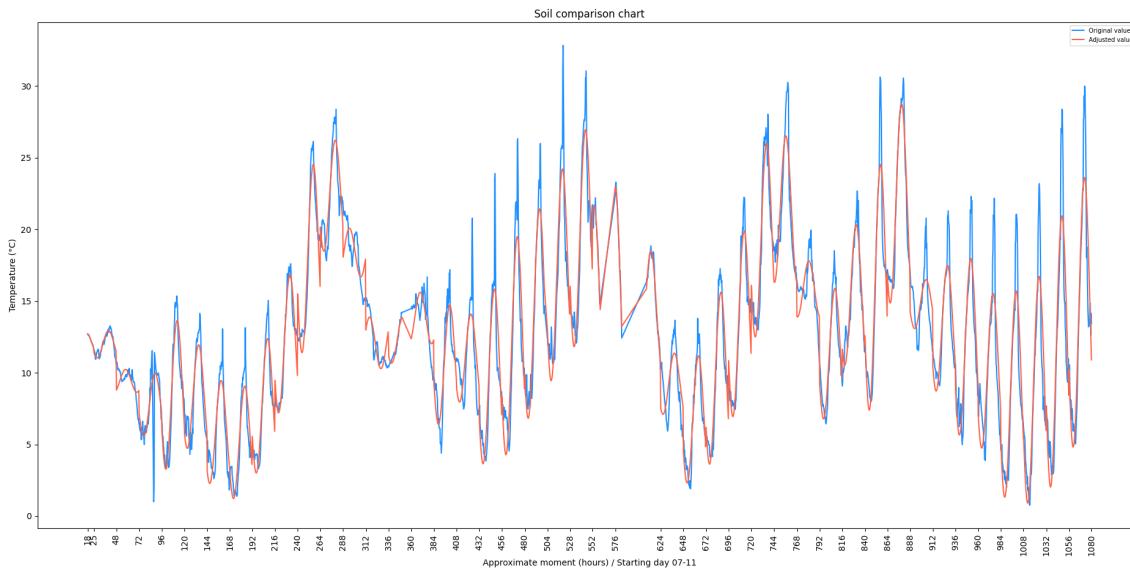


Figura 2: Comparativo das temperaturas da superfície medidas e ajustadas.

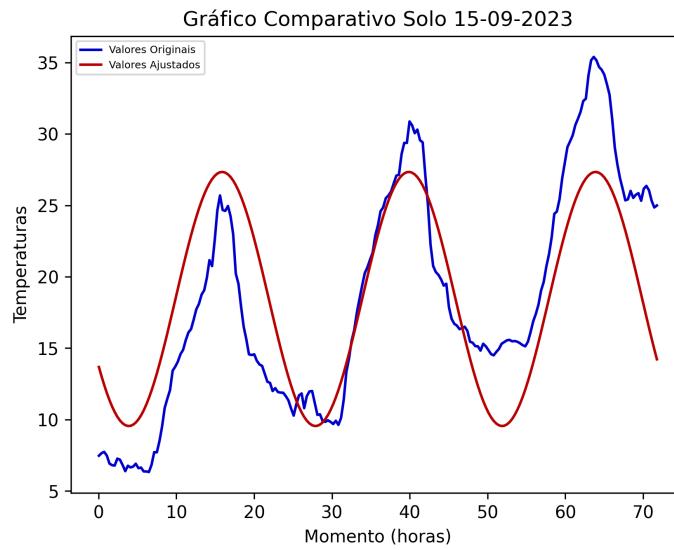


Figura 3: Gráfico das temperaturas da superfície medidas e ajustadas no período de 15 a 17 de setembro de 2023.

4. CONCLUSÕES

A pesquisa conduzida com base nos dados coletados proporcionou uma análise das variações das temperaturas do solo em diferentes profundidades. A colocação estratégica de sensores abaixo da superfície do solo revelou informações sobre as oscilações térmicas que ocorrem em camadas mais

profundas. Os resultados obtidos demonstraram claramente que as temperaturas registradas nas camadas subterrâneas apresentaram uma variação significativamente menor em comparação com as temperaturas observadas na superfície do solo.

Esses resultados estavam de acordo com as expectativas da pesquisa, pois era previsto que as variações de temperatura na superfície do solo seguissem um padrão comportamental semelhante a uma onda senoidal. Esse fenômeno é amplamente reconhecido como um elemento eficaz para a compreensão do comportamento térmico do solo.

Em estudos futuros, planeja-se estender os ajustes diários para um período de amostragem mais longo, já que a análise do gráfico de temperatura apresentado na Figura 2 sugere um comportamento análogo ao observado na Figura 3. Nossa meta é realizar ajustes ao longo de um período anual completo, a fim de compreender como as temperaturas da superfície do solo seguem um padrão senoidal ao longo do ano.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SOARES, G. A., DOMINGUES, A. M. B., RAMALHO, J. V. A., FERNANDO, H. J., Um código em Python para ajuste de dados periódicos de temperatura do solo. In: **ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL DO RIO GRANDE DO SUL**, Pelotas, 2023.

Brum, R. S., Ramalho, J. V. A., Rocha, L. A. O., Isoldi, L. A., Santos, E. D., A Matlab code to fit periodic data. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v.7, p. 16–25, 2015.

Domingues, A.M.B., Nóbrega, E.S.B., Ramalho, J.V.A., Brum, R.S., Quadros, R.S., Parameter analysis of Earth-air heat exchangers over multi-layered soils in South Brazil. **Geothermics**, v.93, p. 1–14, 2021.

Ramalho, J. V. A., Fernando, H. J., Brum, R. S., Domingues, A. M. B., Pastor, N. R. N., Olivera, M. R. B. Accessing the thermal performance of Earth-air heat exchangers surrounded by galvanized structures. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v.54, p. 1–11, 2022.