

ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DO ENVOLTÓRIO DA EDIFICAÇÃO UTILIZANDO TROCADOR DE CALOR SOLO-AR

MICHELE SOARES NETTO¹; JOSEANE DA SILVA PORTO²; RUTH DA SILVA
BRUM³; CÉSAR AVELLANEDA⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – nettomichele@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – joseaneclmd@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – ruthdasilvabrum@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – cesaravellaneda@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O aumento do consumo da energia elétrica e os efeitos das mudanças climáticas são motivos de preocupação em todo o mundo. Em 2021, os edifícios foram responsáveis por 30% do consumo da energia total e 15% das emissões de gases de efeito estufa. O alto consumo de energia elétrica em residências vem dos equipamentos de ar condicionado, ineficiência de aparelhos domésticos e de iluminação, falta de isolamento térmico, alto nível de infiltração por aberturas (SIMÕES et al., 2022).

A habitação social no Brasil precisa ser melhorada, grande parte é construída com materiais de baixa qualidade, sem isolamento térmico, com alta capacidade térmica ou transmitância alta, dificilmente é considerado o contexto climático quando se baseia em modelos arquitetônicos replicados (MORAIS et al., 2017). Para melhoria desse cenário, medidas de eficiência energética são necessárias, melhorando a qualidade da habitação social, em termos de conforto e desempenho térmico, para reduzir o consumo energético, diminuindo os impactos das mudanças climáticas (SIMÕES et al., 2022). É preciso buscar estratégias de otimização da demanda de energia de baixo custo de acordo com o clima, considerando a construção de habitações adaptadas à realidade do país, é uma forma de incentivar a replicação dessas técnicas adotadas.

A estratégia utilizada aqui é baseada em condicionamento térmico, que é o trocador de calor solo-ar (TCSA), no qual o ar circula por dutos enterrados, capaz de resfriar ou aquecer, trocando de calor com o solo. A habilidade de resfriar ou aquecer deste dispositivo se relaciona com a versatilidade térmica da localização da edificação, portanto o clima é de suma importância para o bom funcionamento do TCSA (NÓBREGA, 2021). RODRIGUES et al. (2017) observaram que o TCSA apresenta melhor desempenho térmico quando instalado em solo argiloso. Em PAKARI et al. (2021) notaram que o comprimento do TCSA teve um efeito considerável na temperatura de saída.

O objetivo deste artigo é analisar o conforto térmico de uma edificação com o TCSA, para refrigeração e aquecimento, utilizando parâmetros de otimização da envoltória da edificação, a fim de buscar estratégias que fomentem a eficiência energética em edificações.

2. METODOLOGIA

Este artigo utiliza o simulador computacional *EnergyPlus* (versão 9.6). A modelagem foi realizada no *SketchUp* utilizando o *plugin* Euclid (Versão 0.9.4.4) que transfere todas os dados de construção do modelo para o *EnergyPlus*. O

comportamento térmico da habitação é simulado no contexto climático da cidade de Pelotas/RS, pertencente a zona bioclimática 2 (ZB2).

Foi desenvolvido um projeto arquitetônico utilizando as estratégias bioclimáticas de condicionamento passivo recomendadas para a ZB2 em POUÉY (2011), além de atender os padrões de DALBEM et al. (2016) (Figura 1). A edificação térrea tem 126,45 m², disposta de nove ambientes, porém serão analisados somente os ambientes de permanência prolongada (APPs): sala de estar (48,8 m²), dois dormitórios (de 16,6 m² cada) e uma suíte (20,4 m²). A orientação do projeto é o eixo leste-oeste, com a fachada norte.

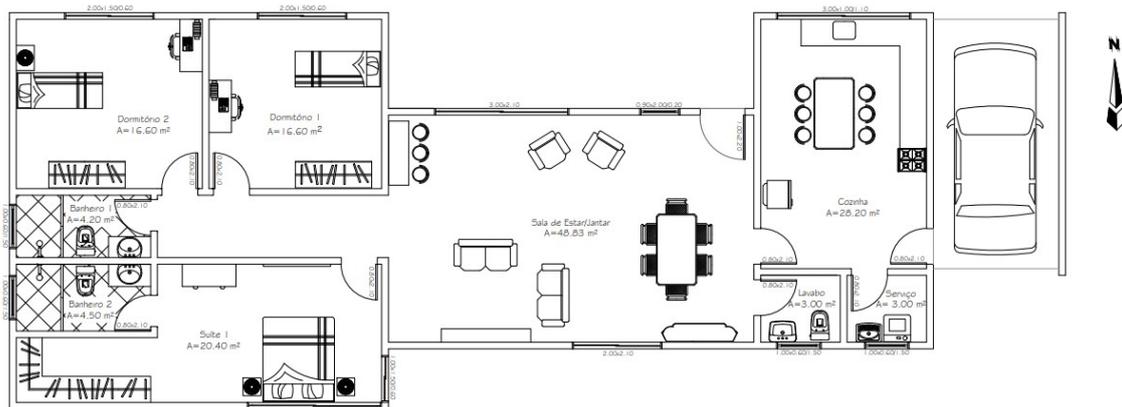


Figura 1. Planta baixa da edificação.

Adotando os parâmetros da NBR 15575 (2021), a fim de atender o nível mínimo de desempenho, simulou-se um modelo referência (sem o TCSA) e um modelo real (com o TCSA), onde as paredes são de alvenaria cerâmica de 6 furos, contendo o isolamento térmico EPS. A cobertura é de telha de fibrocimento, laje de concreto, o forro é de gesso acartonado. O piso é de revestimento cerâmico e laje de concreto, e as esquadrias são de vidro duplo de 6 mm. A porta externa é de madeira MDF composta de isolamento térmico, e as internas de compensado de madeira.

As propriedades termofísicas do solo foram obtidas por relatórios de ensaios de SPT (HERMES et al. 2020). As características dos dutos do TCSA são: 0,11 m de diâmetro, 34 m de comprimento, 3,3 m/s de velocidade de escoamento e 3 m de profundidade (VAZ et al., 2014; NÓBREGA et al., 2020).

As simulações foram realizadas com o arquivo climático da cidade da ZB2, sem o TCSA, com o TCSA e ambas com o ar condicionado. As características da edificação e o arquivo climático são as condições de contorno. O *EnergyPlus* calcula a energia necessária para manter cada zona a uma temperatura especificada para cada hora do dia. Cada ambiente da edificação é considerado uma zona térmica (ZT) e deve ser analisado separadamente. O programa calcula o balanço de energia de cada zona térmica, onde as equações são mostradas no manual Engineering Reference do software (*EnergyPlus*, 2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando separadamente as temperaturas anuais dos APPs, comparando os resultados do modelo com e sem o TCSA, observa-se que a temperatura operativa mínima da sala reduz 27,5% e a temperatura operativa máxima diminui 2,0% com o TCSA, já a temperatura na saída do duto do TCSA, se mantém

constante, na média de 23,6°C (Figura 2a). O comportamento dos dados dos dormitórios é similar ao da sala, onde a temperatura operativa teve uma redução de 18,6% na mínima e a máxima diminuiu 1,5% com o TCSA, a temperatura na saída do duto também se manteve constante, com média de 23,8°C, mostrando a eficiência deste dispositivo em manter uma temperatura confortável no ambiente, utilizando esta troca de calor com o solo (Figura 2b).

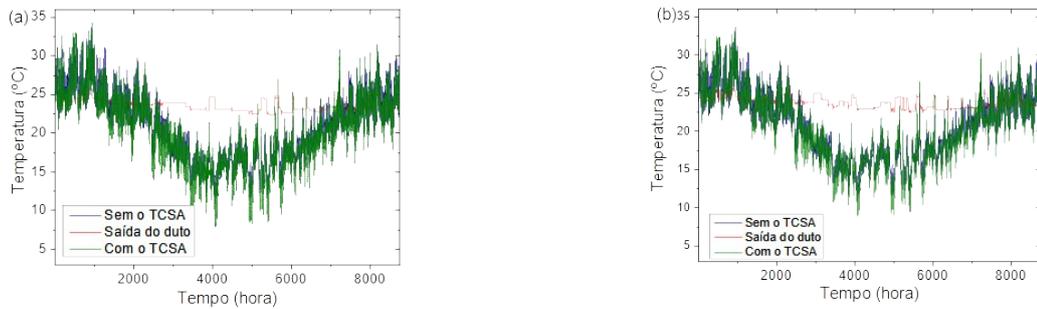


Figura 2. Temperatura anual (a) na sala e (b) nos dormitórios.

O conforto adaptativo é considerado aceitável quando a temperatura operativa está entre 18°C e 26°C para a ZB2, para que o ambiente esteja dentro dos limites de conforto térmico (NBR 15575). Considerando 10 horas diárias de ocupação para o conforto adaptativo, ao comparar os modelos, obtém-se que com o TCSA teve uma redução de 5,4% no desconforto por frio, e 5,2% a mais de conforto térmico na edificação (Figura 3), mostrando que os materiais que compõem o modelo referência impedem que o calor penetre nos ambientes, eles não absorvem tanto o calor, por esse motivo buscou-se um modelo real que, além de utilizar o TCSA, usar materiais com menores valores de transmitância, pois estes permitem um melhor desempenho térmico, com isso os ambientes se tornam com melhor conforto térmico ideal.

Relacionando o conforto térmico com o consumo energético onde é simulado com o ar condicionado nos APPs, sendo que em comum entre os consumos está o de iluminação e de equipamentos totalizando 1406,3 kWh. O consumo total de energia elétrica com o TCSA teve uma redução de 21,6%, representando uma redução anual de 1079,5 kWh no consumo energético.

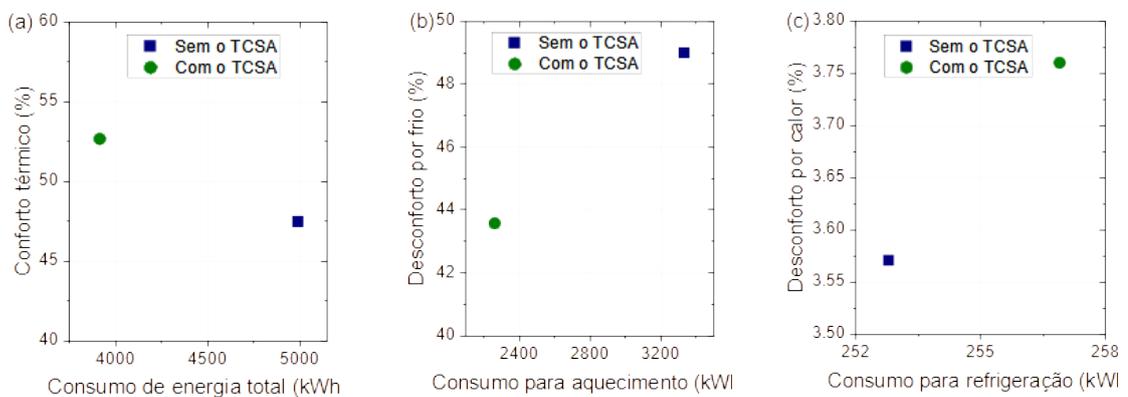


Figura 3. Consumo de energia (a) total x conforto, (b) para aquecimento x desconforto por frio e (c) para refrigeração x desconforto por calor.

4. CONCLUSÕES

Através dos resultados apresentados conclui-se que o modelo computacional desenvolvido com o acoplamento do TCSA à edificação intensificou o desempenho térmico dos ambientes, melhorando consideravelmente o conforto térmico, visto que os materiais utilizados apresentam menor transmitância para este modelo.

Esse estudo teve como objetivo analisar o desempenho térmico do TCSA em uma edificação na ZB2, onde as estratégias utilizadas, otimizando os parâmetros da envoltória da edificação, trouxeram um aumento de 5,2% no conforto térmico da edificação, além de trazer uma economia de 21,6% no consumo energético total da edificação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DALBEM, R.; KNOP, S.; CUNHA, E.G.; OLIVEIRA, R.F.; RODRIGUES, M.F.; VICENTE, R. Verification of the Passive House Concept to the South of Brazil Climate. **Journal of Civil Engineering and Architecture**, v.10, p. 937-945, 2016.
- HERMES, V.F.; RAMALHO, J.V.A.; ROCHA, L.A.O.; SANTOS, E.D.; MARQUES, W.C.; COSTI, J.; RODRIGUES, M.K.; ISOLDI, L.A. Further realistic annual simulations of earth-air heat exchangers installations in a coastal city. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v.37, 2020.
- MORAIS, J.M.; LABAKI, L.C. CFD como ferramenta para simular ventilação natural interna por ação dos ventos: estudos de caso em tipologias verticais do Programa Minha Casa Minha Vida. **Ambiente Construído**, v.17, p.223-244, 2017.
- NÓBREGA, E.S.B.; BRUM, R.S.; RAMALHO, J.V.A.; QUADROS, R.S. A first study on earth-air heat exchanger in Pelotas. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**, v.5, p.1–15, 2020.
- PAKARI, A.; GHANI, S. Numerical evaluation of the thermal performance of a near-surface earth-to-air heat exchanger with short-grass ground cover: A parametric study. **International Journal of Refrigeration**, v.125, p.25-33, 2021.
- POUEY, J.A. **Projeto de edificação residencial unifamiliar para a zona bioclimática 2 com avaliação termoenergética por simulação computacional**. 2011. 137f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas.
- RODRIGUES, M.K.; COSWIG, F.S.; CAMARGO, K.R.; BRUM, R.S.; ROCHA, L.A.O.; VAZ, J.; SANTOS, E.D.; ISOLDI, L. A. Estudo do potencial térmico de trocador de calor solo-ar em dois tipos de solos no município de Rio Grande (RS). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.6 (2017), p.489-506, 2017.
- SIMÕES, G.M.F.; LEDER, S.M. Energy poverty: The paradox between low income and increasing household energy consumption in Brazil. **Energy and Buildings**, v.268, 2022.
- VAZ, J.; SATTTLER, M.A.; BRUM, R.S.; SANTOS, E.D.; ISOLDI, L.A. An experimental study on the use of Earth-Air Heat Exchangers (EAHE). **Energy and Buildings**, v.72, p.122-131, 2014.