XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

O impacto do pavimento na temperatura da minha casa

El impacto del pavimento en la temperatura de mi casa

The impact of the pavement on the temperature of my house

Clima e Planejamento Urbano / Clima y Planificación Urbana */ Climate and Urban Planning*

Apolinário, Bruna de Souza

Mestranda em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil, brunasapolinario@gmail.com

Kowalski, Luiz Fernando

Doutor em Engenharia Urbana, Centro Universitário Adventista de São Paulo, Engenheiro Coelho, Brasil, luizfernando.lfk@gmail.com

Masiero, Érico

Doutor em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil, erico@ufscar.br

Resumo

Este trabalho analisou a influência de diferentes pavimentos nas condições térmicas de habitações de interesse social durante ondas de calor. O método envolveu a coleta de dados microclimáticos, o acoplamento do ENVI-met ao EnergyPlus por meio do *software* BCVTB e o estudo de materiais (concreto e asfalto) e diferentes albedos. Os resultados mostraram que o pavimento de concreto cinza aumentou a temperatura de superfície em até 1,21 K na sala, enquanto reduziu a carga térmica de resfriamento do dormitório em 4,71%. O asfalto cinza teve impacto menor, com redução de até 1,22% na carga térmica do dormitório. O índice de calor foi mais crítico na sala, cuja rua era de concreto cinza, elevando a classificação para “perigo” às 18h. As conclusões indicam que, embora o impacto dos pavimentos nas condições térmicas internas seja limitado, sua análise, junto a outras propriedades das superfícies, pode contribuir para um planejamento urbano mais eficiente.

Palavras-chave: Pavimento. Ondas de calor. Estresse térmico. Habitações de interesse social.

Resumen

Este trabajo analizó la influencia de diferentes pavimentos en las condiciones térmicas de viviendas de interés social durante olas de calor. El método incluye la recolección de datos microclimáticos, el acoplamiento de ENVI-met y EnergyPlus mediante el software BCVTB, y el estudio de materiales (hormigón y asfalto) con distintos albedos. Los resultados mostraron que el pavimento de hormigón gris aumentó la temperatura superficial hasta 1,21 K en la sala, mientras redujo la carga térmica de enfriamiento del dormitorio en 4,71%. El asfalto gris tuvo un impacto menor, reduciendo la carga hasta en 1,22% en el dormitorio. El índice de calor fue más crítico en la sala, cuya calle era de hormigón gris, elevando la clasificación a "peligro" a las 18 h. Las conclusiones indican que, aunque el impacto de los pavimentos en las condiciones térmicas internas es limitado, su análisis, junto con otras propiedades de las superficies, puede contribuir a una planificación urbana más eficiente.

Palabras clave: Pavimento. Olas de calor. Estrés térmico. Viviendas de interés social.

Abstract

This study analyzed the influence of different pavements on the thermal conditions of social housing during heat waves. The method includes the collection of microclimatic data, the coupling of ENVI-met with EnergyPlus through the BCVTB software, and the study of materials (concrete and asphalt) with different albedos. The results showed that gray concrete pavement increased the surface temperature by up to 1.21 K in the living room, while it reduced the cooling thermal load in the bedroom by 4.71%. Gray asphalt had a smaller impact, reducing the thermal load by up to 1.22% in the bedroom. The heat index was more critical in the living room, whose street was made of gray concrete, raising the classification to “danger” at 6 p.m. The conclusions indicate that, although the impact of pavements on indoor thermal conditions is limited, their analysis, together with other surface properties, can contribute to more efficient urban planning.

Keywords: Pavement. Heatwaves. Thermal stress. Social housing.

Introdução

Os efeitos das Ilhas de Calor Urbano (ICU) e dos eventos climáticos extremos, como o agravamento do estresse térmico, o aumento de problemas de saúde e do consumo energético, são intensificados pela urbanização (Biardeau *et al.*, 2020). Diante disso, estratégias para mitigar o calor urbano têm sido estudadas. Destacam-se o resfriamento evaporativo, o aumento do albedo das superfícies urbanas, o sombreamento e os índices de morfologia urbana (Ahmadizadeh; Vakilinezhad, 2025; Chokhachian; Santucci; Auer, 2017; Ronchi; Salata; Arcidiacono, 2020).

Apesar do impacto das superfícies urbanas no microclima e de sua interação com a temperatura interna das edificações, poucos estudos abordam a influência dos pavimentos nas condições térmicas internas. Alguns estudos se concentram no impacto do aumento do albedo dos pavimentos no consumo energético das edificações. Em Cairo, no Egito, a aplicação dessa estratégia em áreas de baixa densidade reduziu a carga térmica de resfriamento em até 3,2%. No entanto, observou-se que, para evitar a redução do conforto térmico externo, ela deve ser combinada com o plantio de árvores em 50% das calçadas (Aboelata, 2021). Em Tessalônica, na Grécia, o aumento do albedo para valores de 0,40 e 0,70 reduziu em até 1,5% a carga térmica de resfriamento, o que levou os autores a classificarem essa estratégia como de impacto limitado, em função do baixo valor numérico (Tsoka; Tsikaloudaki; Theodosiou, 2019). Por outro lado, em Phoenix, Estados Unidos, o aumento do albedo de 0,1 para 0,5 resultou em um aumento de 11% na carga térmica de resfriamento (Yaghoobian; Kleissl, 2012).

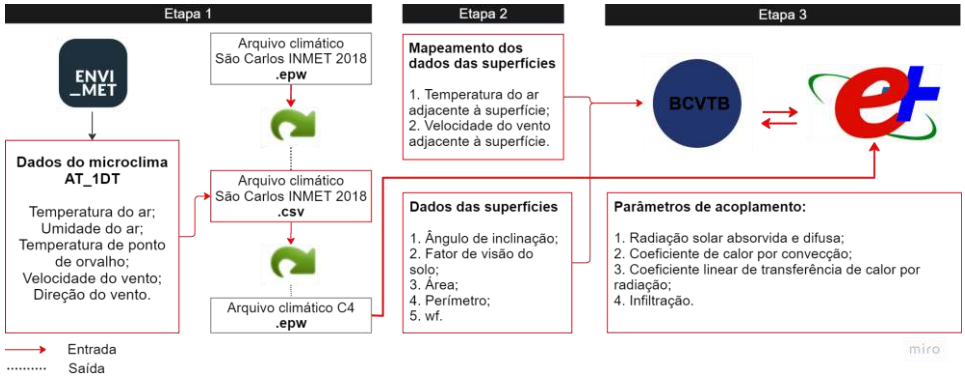
Embora existam esses estudos, ainda há uma lacuna na análise do impacto dos pavimentos nas condições térmicas internas das habitações no Brasil, especialmente em regiões com clima classificado como Cwa, segundo a classificação Köppen-Geiger. Nesse contexto, este artigo tem como objetivo analisar a influência de diferentes pavimentos nas condições térmicas internas de habitações de interesse social durante uma onda de calor.

Método

O método utilizado para avaliar o impacto da morfologia urbana e ondas de calor no conforto térmico e consumo energético de habitações pode ser subdividido em quatro etapas: (1) extração dos dados microclimáticos e edição do arquivo climático; (2) mapeamento dos dados do ENVI-

met para o acoplamento; (3) acoplamento utilizando o *software* BCVTB; e (4) estudo de caso. Para o acoplamento do ENVI-met ao EnergyPlus, foi empregado o método de encadeamento descrito por Yang *et al.* (2012). Os procedimentos do acoplamento são apresentados na Figura 1.

Figura 1: Processo de acoplamento do ENVI-met ao EnergyPlus.



Fonte: Autores (2025).

Para realizar o acoplamento, é essencial compreender o funcionamento do EnergyPlus. As cargas internas de uma zona, conforme Yang *et al.* (2012), dependem do fluxo de calor convectivo e da transferência de calor devido à infiltração com o ar externo, os quais são influenciados pela interação entre as superfícies externas do edifício e o microclima urbano. Nesse contexto, o balanço de calor da superfície externa é obtido por meio da Equação 1.

$$q_{\propto sol} + q_{lwr} + q_{conv} - q_{ko} = 0 \quad (1)$$

Onde: $q_{\alpha sol}$ é o fluxo de calor de radiação direta e difusa absorvida; q_{LWR} é o fluxo líquido de radiação térmica de onda longa trocado com o ar e os arredores; q_{conv} é a troca do fluxo convectivo com o ar externo; q_{ko} é o fluxo de calor por condução na parede.

Para considerar as variáveis da Equação 1, são necessárias três considerações: (i) o arquivo climático e os fluxos de radiação direta e difusa absorvidos; (ii) o coeficiente de transferência de calor convectivo e o coeficiente de transferência de calor linear por radiação; e (iii) a infiltração (Ramesh, 2018; Yang *et al.*, 2012). Para isso são necessárias as etapas descritas a seguir.

Extração dos dados microclimáticos e edição do arquivo climático

Inicialmente, os dados microclimáticos são extraídos do ENVI-met, sendo eles: velocidade e direção do vento, temperatura e umidade do ar, além da temperatura do ponto de orvalho, que

é calculada a partir desses dados. As informações são coletadas nos *grids* ao redor da edificação, e a média é calculada na altura do centro da edificação para posterior inserção no arquivo climático (Ramesh, 2018; Yang *et al.*, 2012). Por fim, como esses dados são obtidos em alturas diferentes das utilizadas por estações meteorológicas, indica-se a altura de coleta no objeto "*SiteWeatherStation*" do EnergyPlus, a fim de possibilitar a conversão.

Mapeamento dos dados do ENVI-met para o acoplamento

Nesta etapa, identificam-se quais receptores do ENVI-met correspondem a cada superfície externa no EnergyPlus. Em seguida, são calculadas as médias da temperatura do ar e da velocidade do vento adjacentes a essas superfícies. Esses dados são inseridos no BCVTB para o acoplamento com o EnergyPlus, com valores fornecidos a cada *timestep* da simulação.

Acoplamento utilizando o *software* BCVTB

O acoplamento foi realizado utilizando o *software* BCVTB, desenvolvido pelo Laboratório Nacional Lawrence Berkeley, o qual emprega a interface do *software* Ptolemy II, e considerou quatro parâmetros: (i) radiação direta e difusa absorvidas; (ii) coeficiente de Transferência de Calor Convectivo; (iii) Coeficiente de Transferência de Calor linear por radiação; e (iv) Transferência de calor por infiltração. O acoplamento de cada um desses parâmetros é descrito a seguir.

(i) Radiação direta e difusa absorvidas

Neste passo são consideradas a radiação solar incidente, os efeitos do sombreamento e a refletância do solo. Em relação à radiação difusa e refletida e aos efeitos de sombreamento, os cálculos do EnergyPlus são mais precisos do que os do ENVI-met (Ramesh, 2018; Yang et al., 2012). Por isso, o entorno da edificação foi modelado no EnergyPlus para que esses cálculos fossem realizados. Quanto à refletância do solo, a média das simulações do ENVI-met foi inserida no objeto "*Site:GroundReflectance"* do EnergyPlus.

(ii) Coeficiente de Transferência de Calor Convectivo

No EnergyPlus, o coeficiente de transferência de calor convectivo é calculado por meio da Equação 2 (Yang *et al.*, 2012).

$$Q_c = hc_{ext} - A(T_{surf} - T_{air}) \quad (2)$$

Onde: Q_c é a taxa de transferência de calor convectivo externo; hc_{ext} é o coeficiente de convecção externo; A é a área da superfície; T_{surf} é a temperatura da superfície; T_{air} é a temperatura externa do ar.

As correlações dessa equação só podem ser aplicadas quando a velocidade do vento é obtida a partir de estações meteorológicas (Ramesh, 2018; Yang *et al.*, 2012). Dessa forma, para calcular o Coef. de Calor Convectivo (CHTC), Ramesh (2018) e Yang *et al.* (2012) propõem a Equação 3.

$$hc_{ext} = 4 + 4v \quad (3)$$

Onde: h_{cext} é o CHTC; v é a velocidade do vento adjacente à superfície.

A partir da Equação 3, o CHTC é calculado para as superfícies e sobrescrito no EnergyPlus *utilizando* o objeto "*ExternalInterface:Actuator",* com o *actuator "Exterior Surface Convection Heat Transfer Coefficient*". A Equação 3 é aplicável para velocidades entre 1 e 10 m/s. Para velocidades abaixo de 1 m/s, foi utilizado o método TARP, recomendado por Yang *et al.* (2012).

(iii) Coeficiente de Transferência de Calor linear por radiação

No EnergyPlus, o coeficiente de transferência de calor linear por radiação é obtido por meio da Equação 4 (Ramesh, 2018; Yang *et al.*, 2012). Para considerar os efeitos desse coeficiente, foi acoplada a temperatura do ar adjacente a cada superfície, utilizando o *Actuator* "*Outdoor Air Drybulb Temperature*". Em seguida, visto que não há um *actuator* para substituir o hr no EnergyPlus, este foi somado ao CHTC, conforme recomendado por Yang *et al.* (2012).

$$h_{r,air} = \frac{\varepsilon \sigma F_{air(T^4_{Surface} - T^4_{air})}}{T_{surface} - T_{air}} \quad (4)$$

Onde: hr,air é o coeficiente de transferência de calor linear por radiação; ε é a emitância de ondas longas pela superfície; F_{air} é o fator de visão da superfície para a temperatura do ar; σ – Constante de Stefan-Boltzmann; $T_{surface}$ é a temperatura externa da superfície no ENVI-met; T_{air} é a temperatura externa do ar adjacente à superfície.

(iv) Transferência de calor por infiltração

Para esta etapa, a temperatura externa do ar e a velocidade do vento adjacentes às superfícies devem ser acopladas. Para a velocidade do vento, foi utilizado o *actuator "Outdoor Air Wind Speed*".

Estudo de caso

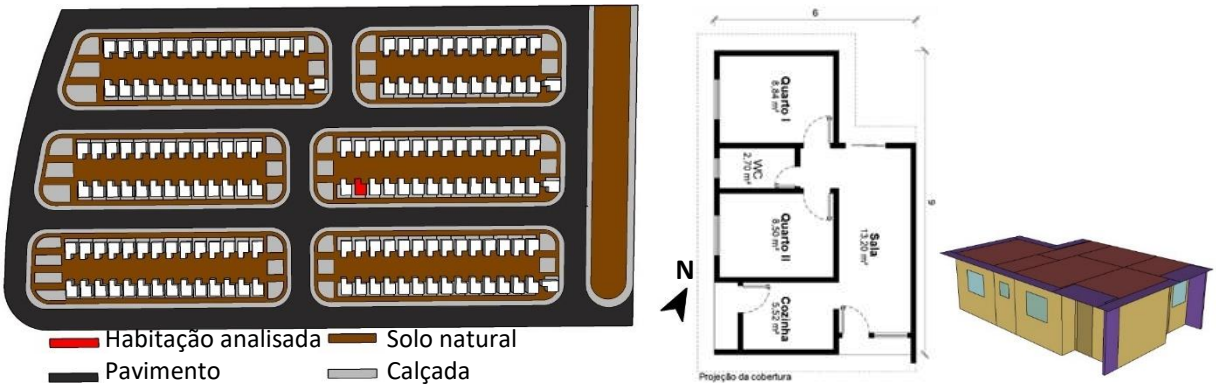
Como estudo de caso, foi adotado um conjunto habitacional unifamiliar de interesse social, localizado na cidade de São Carlos/SP, que apresenta clima subtropical, com inverno seco e verão quente (Cwa). Parte desse conjunto habitacional foi modelado no ENVI-met 5.6.1. Os materiais utilizados seguiram os presentes no local, correspondendo a calçadas com albedo de 0,30 e solo com albedo de 0,24.

Para analisar o impacto de pavimentos com diferentes albedos e massa térmica nas condições térmicas das habitações, foram realizadas três simulações. A primeira considerou o uso de asfalto preto (albedo de 0,06, camada de base com 6 cm de brita e capacidade térmica de 464,0 kJ/m²K). A segunda manteve as mesmas características da primeira, variando apenas o albedo 0,06 para 0,24. Já a terceira simulação considerou um pavimento de concreto cinza (albedo de 0,24, camada de base com 12 cm de brita e capacidade térmica de 498,32 kJ/m²K). A emissividade dos materiais foi de 0,90.

Para a simulação urbana, foram coletados dados microclimáticos no local, no período de 19 de setembro a 4 de outubro de 2023, sendo que, entre os dias 19 e 27 de setembro, ocorreu uma onda de calor. Para a medição, foram instalados termo-higrômetros (Hobo/Pro V2 U23-001), a 3 metros de altura, em quatro pontos do conjunto, com registros a cada 10 minutos. O dia adotado nas simulações foi 26 de setembro. Os dados climáticos inseridos no *full forcing* foram: velocidade e direção do vento da estação meteorológica A711; temperatura e umidade do ar da coletados no local; e dados de nuvens altas, médias e baixas da estação meteorológica 83726.

A habitação construída no local e simulada possui área útil de 38,76 m² (Figura 2). O sistema construtivo é composto por paredes de concreto (10 cm), lajes maciças de concreto (10 cm) e cobertura com telha cerâmica. A partir das propriedades dos materiais, obtidas da ABNT 02:135.07-001/2 (ABNT, 2005), foram calculadas as propriedades térmicas dos componentes, seguindo o procedimento da NBR 15220 (ABNT, 2022). As paredes apresentam transmitância térmica de 4,40 W/(m².K), capacidade térmica de 240 kj/m².K, atraso térmico de 2,69 h e absortância de 0,45. Já a cobertura apresenta transmitância térmica de 2,05 W/(m².K), capacidade térmica de 238,40 kj/m².K, atraso térmico de 6,58 h e absortância de 0,30.

Figura 2: (Esquerda) Área externa simulada e implantação da edificação. (Direita) Planta baixa da habitação.



Fonte: (Esquerda) Adaptado de Construtora Direcional (2023). (Direita) Autores (2025).

Para a análise das condições térmicas da habitação, as simulações foram configuradas com base nos parâmetros estabelecidos pela NBR 15575-1 (ABNT, 2021). Para o modelo sem ventilação natural, foi utilizado o módulo *Ideal Loads* do EnergyPlus. Já a simulação com ventilação natural empregou o módulo *Zone Airflow*, com os objetos *ZoneInfiltration:DesignFlowRate*, *ZoneVentilation:DesignFlowRate* e *Zone:CrossMixing*. Em todos esses campos foi adotada uma taxa de 1 renovação por hora, conforme recomendado pela referida norma.

Os padrões e condições de uso do sistema de condicionamento de ar, abertura de janelas, ocupação, taxa metabólica, cargas internas e características das esquadrias seguiram as diretrizes da NBR 15575-1 (ABNT, 2021). O contato da edificação com o foi modelado por meio do modelo *Finite Difference*, considerando um solo com condutividade de 1 W/m.K, densidade de 1800 kg/m³ e calor específico de 1200 J/kg.K. Para avaliar o risco de sobreaquecimento, foi adotado o índice de calor, elaborado por Rothfusz (1990), que classifica as horas em aceitáveis, cuidado, cuidado extremo, perigo e perigo extremo.

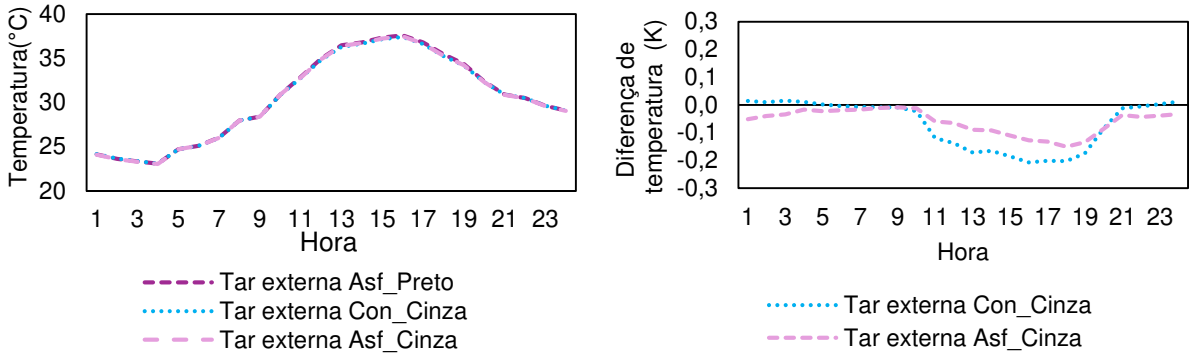
Resultados

Temperaturas externas do ar

As temperaturas externas do ar variaram entre 23,05°C e 37,59°C (Figura 3). Em comparação ao Asfalto Preto (Asf_Preto), o aumento do albedo no cenário Asf_Cinza reduziu a temperatura do ar (Tar) em todos os horários, com diminuições de até 0,15 K. Já o uso do pavimento de concreto

cinza (Con_Cinza) apresentou efeitos distintos ao longo do dia: entre 0h e 04h, aumentou a Tar em aproximadamente 0,01 K, enquanto, no restante do dia, reduziu a Tar em até 0,21 K.

Figura 3: Temperaturas do ar.

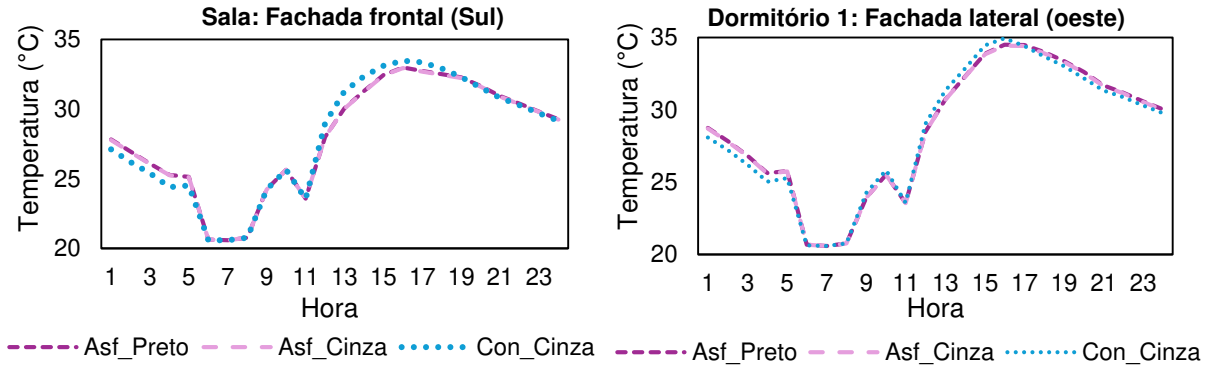


Fonte: Autores (2025).

Temperaturas superfícies das fachadas

Nas temperaturas de superfícies da fachada frontal da sala e da lateral do dormitório 1 (Figura 4), as modificações geradas pelo Con_Cinza foram as mais significativas. Na sala, o Con_Cinza aumentou a temperatura de superfície da fachada frontal entre 12h e 19h, em até 1,21 K, enquanto, nos demais horários, reduziu em até 0,87 K. No dormitório, os aumentos ocorreram entre as 09h e 16h, chegando a 0,62 K, enquanto, nos demais horários, houve uma redução de até 0,65K. Para o Asf_Cinza, a temperatura de superfície foi reduzida em todos os horários, tanto na sala quanto no dormitório, com diminuições máximas de 0,06 K e 0,08 K, respectivamente.

Figura 4: Temperaturas de superfícies. Sala (à esquerda) Dormitório 1 (à direita).

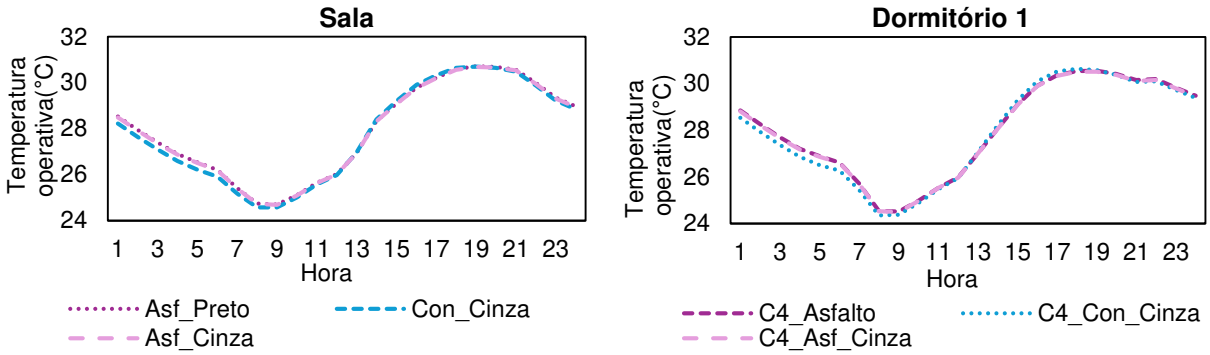


Fonte: Autores (2025).

Temperaturas operativas

Na sala, as temperaturas operativas (To) variaram de 24,57°C a 30,71°C (Figura 5). Comparado ao Asf_Preto, o Asf_Cinza reduziu as To em todos os horários, com uma diminuição máxima de 0,03 K. Já o Con_Cinza aumentou as To entre 13h e 18h, em até 0,12 K, e reduziu nos demais horários, em até 0,32 K. No dormitório 1, as To variaram de 24,35°C a 30,64°C. Novamente, o Asf_Cinza diminuiu as To em todos os horários, com uma redução máxima de 0,04 K. O Con_Cinza aumentou as To das 13h às 19h, em até 0,18 K, e diminuiu nos demais horários, em até 0,38 K.

Figura 5: Temperaturas operativas. Sala (à esquerda) e dormitório 1 (à direita).

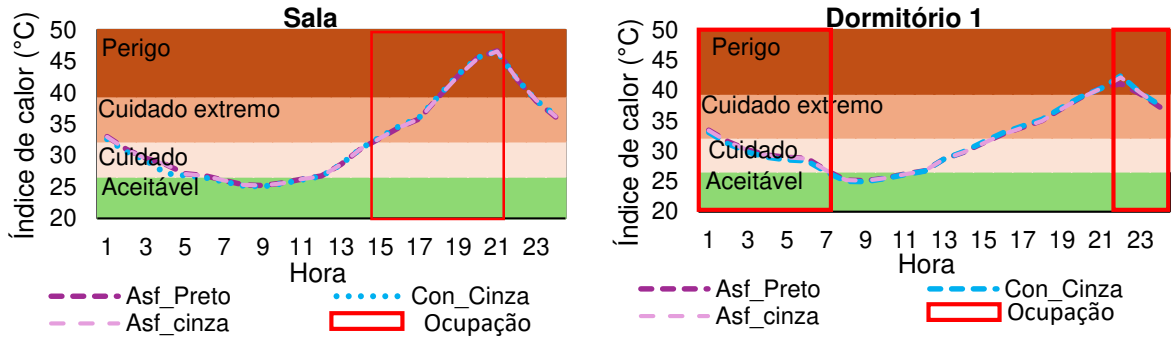


Fonte: Autores (2025).

Índice de calor

Ao analisar o índice de calor (Figura 6), observou-se que os resultados foram mais críticos na sala, em todos os cenários, devido à ocupação desse ambiente ocorrer no horário mais quente do dia e ao uso de equipamentos elétricos.

Figura 6: Índice de calor. Sala (à esquerda) e dormitório 1 (à direita).



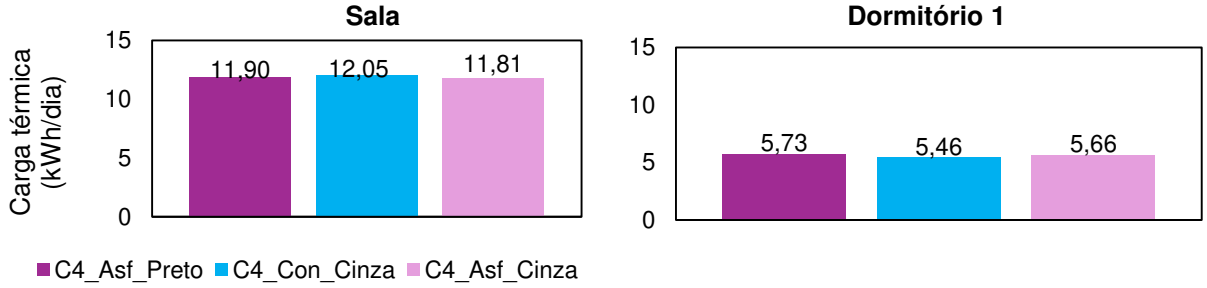
Fonte: Autores (2025).

Comparado ao Asf_preto, o Con_Cinza elevou a classificação de “cuidado extremo” para “perigo” às 18h, na sala, e reduziu de “cuidado” para “aceitável” às 7h, no dormitório. Já o Asf_Cinza não alterou as classificações em nenhum horário ou ambiente.

Demanda energética para climatização

Em relação à demanda energética para climatização (Figura 7), na sala, comparado ao Asf_Preto, o Con_Cinza aumentou a carga térmica em 1,26%, enquanto o Asf_Cinza a reduziu em 0,76%. No dormitório, tanto o Con_Cinza quanto o Asf_Cinza reduziram a carga térmica em 4,71% e 1,22%, respectivamente. A maior redução pelo Con_Cinza no dormitório se deve a este ambiente estar ocupado no período em que o Con_Cinza diminuiu as temperaturas de superfície e a operativa.

Figura 7: Demanda energética no dia de onda de calor.



Fonte: Autores (2025).

Ao analisar a carga térmica de resfriamento total, o Con_Cinza a reduziu em 1,34% e o Asf_cinza, em 0,98%. Esses resultados corroboram os dados do contexto climático estudado por Aboelata (2021), Tisoka, Tsikaloudaki e Theodosiou (2019), nos quais foram observadas reduções entre 1,5% e 3,2%. Esses dados indicam que pavimentos com maior inércia térmica e albedo possuem potencial para melhorar as condições térmicas das habitações - ainda que de forma limitada - quando comparados a outras estratégias. Uma das hipóteses para esse comportamento é a elevada capacidade da superfície pavimentada refletir ondas curtas e acumular menos calor.

Conclusões

Este artigo analisou a influência de diferentes tipos de pavimentos nas condições térmicas internas de habitações de interesse social. O aumento do albedo do asfalto contribuiu para a melhoria dessas condições. Por outro lado, o uso de pavimento de concreto cinza apresentou um

comportamento variável: em alguns períodos do dia, elevou a temperatura operativa e o índice de calor; em outros, os reduziu, registrando o menor consumo energético.

Embora a alteração do pavimento tenha tido um impacto limitado nas condições térmicas internas das habitações, foi possível identificar a influência das configurações ao longo do dia. Dessa forma, a análise do impacto dos pavimentos, em conjunto com os materiais da envoltória das edificações e diferentes índices morfológicos, pode subsidiar o planejamento de cenários urbanos que proporcionem boas condições térmicas tanto para pedestres quanto para moradores e reduza o consumo energético.

Referências

ABOELATA, A. Reducing outdoor air temperature, improving thermal comfort, and saving buildings' cooling energy demand in arid cities – Cool paving utilization. **Sustainable Cities and Society**, v. 68, 102762, 2021.

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Influência de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio experimental. **Revista Ambiência**, vol. 8, p. 101–111, 2012.

AHMADIZADEH, O; VAKILINEZHAD, R. Evaluating the effect of urban surfaces albedo on the microclimate and outdoor thermal comfort in hot climate. **International Journal of Environmental Studies**, v. 00, p. 1–25, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2:** Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Componentes e elementos construtivos das edificações — Resistência e transmitância térmica – Métodos de cálculo. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:** Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 02:135.07-001/2:** Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BIARDEAU, L. T.; DAVIS, L. W.; GERTLER, P.; WOLFRAM, C. Heat exposure and global air conditioning. **Nature Sustainability**, v.3, p.25-28, 2020.

CHOKHACHIAN, A.; SANTUCCI, D.; AUER, T. A human-centered approach to enhance urban resilience, implications and application to improve outdoor comfort in dense urban spaces. **Buildings,** v. 7, p.01-23, 2017.

POST, D. F.; FIMBRES, A.; MATTHIAS, A. D.; SANO, E. E.; ACCIOLY, L.; BATCHILY, A. K.; FERREIRA, L.G. Predicting Soil Albedo from Soil Color and Spectral Reflectance Data. **Soil Science Society of America Journal,** vol. 64, p. 1027–1034, 2000.

RAMESH, S. **Urban Energy Information Modeling : A framework to quantify the thermodynamic interactions between the natural and the built environment that affect building energy consumption**. Orientador: Khee Poh Lam. 2018. 176f. Tese (Doutorado em arquitetura) – Escola de Arquitetura, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2018.

RONCHI, S.; SALATA, S.; ARCIDIACONO, A. Which urban design parameters provide climate-proof cities? An application of the Urban Cooling InVEST Model in the city of Milan comparing historical planning morphologies. **Sustainable Cities and Society**, v. 63, p. 102459, 2020.

ROTHFUSZ, L P. The heat index equation (or, more than you ever wanted to know about heat index). **Fort Worth, Texas: National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Office of Meteorology**, v. 9023, p. 640, 1990.

TSOKA, S.; TSIKALOUDAKI, K.; THEODOSIOU, T. Coupling a building energy simulation tool with a microclimate model to assess the impact of cool pavements on the building's energy performance application in a dense residential area. **Sustainability**, v. 11, p.01-16 , 2019.

YAGHOOBIAN, N.; KLEISSL, J. Effect of reflective pavements on building energy use. **Urban Climate**, v. 2, p. 25–42, 2012.

YANG, X. et al. An integrated simulation method for building energy performance assessment in urban environments. **Energy and Buildings**, v. 54, p. 243–251, 2012.