

## GRADIENTE DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DE LAJE DE UMA EDIFICAÇÃO COM DIFERENTES MATERIAIS DE VEDAÇÃO

SILVA-JÚNIOR GR<sup>1</sup>, OMAR AJS<sup>2</sup>, CORDEIRO-JUNIOR JJF<sup>3</sup>, CAVALCANTI S.D. L<sup>3</sup>, GUISELINI C<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Agronomia, Depto. de Agronomia, Univ. Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife -PE, Fone: 81994908230, [gilvansilva jr@hotmail.com](mailto:gilvansilva jr@hotmail.com)

<sup>2</sup>Mestrando em Engenharia Agrícola, Depto. de engenharia agrícola, Univ. Federal Rural de Pernambuco;

<sup>3</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola, Depto. de engenharia agrícola, Univ. Federal Rural de Pernambuco;

<sup>4</sup>Prof. Dr., Depto. de Engenharia Agrícola, Univ. Federal Rural de Pernambuco; Tutora PET AgroEnergia

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** O balanço de radiação para uma determinada superfície corresponde à soma de toda energia radiante recebida e perdida. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a transferência de fluxo de calor na superfície de uma edificação e do ar. A pesquisa desenvolveu-se no Edifício Garagem do Empresarial Charles Darwin, no Recife-PE, onde será implantado um telhado verde do tipo extensivo. Para a avaliação dos resultados foi utilizada uma estação meteorológica automática completa instalada na laje do edifício. Foram registrados os principais elementos meteorológicos. Para registro da Temperatura do ar interna, foram utilizados dois sensores HOBO U12-012, e afixados no centro de duas salas totalmente fechadas. Para a análise térmica da cobertura foram utilizadas imagens de uma câmera termográfica modelo FLIR I60. Foi calculado o gradiente de temperatura para verificar o fluxo de calor. O fluxo de calor foi positivo no dia 06/05/2016 para a sala 1, o gradiente superior (1,05 °C) foi maior que o gradiente inferior (-0,225 °C). No dia 13/05/2016 a sala 2 apresentou gradiente negativo, pois armazenou maior quantidade de calor, ou seja, o fluxo ocorreu da superfície externa para a superfície interna.

**PALAVRAS-CHAVE:** micrometeorologia; gradiente; energia

## GRADIENT TEMPERATURE OF THE SLAB SURFACE OF A BUILDING WITH DIFFERENT SEALING MATERIALS

**ABSTRACT:** The radiation balance for a given surface corresponds to the sum of all radiant energy received and lost. The objective of this research was to evaluate the transfer of heat flow on the surface of a building and air. The research developed in the Charles Darwin Enterprise Garage Building, in Recife-PE, where an extensive green roof implanted. To evaluate the results, a complete automatic weather station installed on the building slab. The main meteorological elements recorded. To record the internal air temperature, two HOBO U12-012 sensors used, and fixed in the center of two fully enclosed rooms. For the thermal analysis of the coverage, images of a thermographic camera model FLIR I60 used. The temperature gradient calculated to verify the heat flux. The heat flow was positive on 05/05/2016 to room 1, showing that the building's upper temperature was higher than the lower temperature. On 05/13/2016, room 2 presented a negative gradient, since it stored a greater amount of heat, that is, the flow occurred from the external surface to the internal surface.

**KEYWORDS:** micrometeorology; gradient; thermography

**INTRODUÇÃO:** Com o crescimento urbano, as edificações e obras de infraestrutura urbana (ruas, passeios públicos, estacionamentos, telhados, etc.) alteram significativamente a cobertura do solo e a topografia. Além dos impactos diretos aos ecossistemas terrestres e aquáticos, o clima urbano é fortemente modificado (TASSI et al., 2014). Na presença de muitos prédios (nos grandes centros) ocorre a formação do efeito conhecido como ilha de calor urbano como resultado da substituição de áreas verdes por superfícies compostas de concreto e asfalto. Essas superfícies absorvem e retêm calor por mais tempo que as áreas verdes (ROCHA; SOUZA; CASTILHO, 2011). As modificações do balanço de radiação das cidades são causadas por vários fatores e o conhecimento dos componentes do balanço de radiação e do balanço de energia para os diferentes tipos de uso e cobertura do solo, assim como da influência da substituição do uso ou cobertura em um ambiente urbano torna-se de extrema necessidade para a identificação de mudanças que podem ocorrer no clima local (OLIVEIRA et al., 2012). A condição essencial para a transmissão de calor é que haja diferença de temperatura entre os meios, denominado gradiente de temperatura. O gradiente de temperatura indica o sentido do fluxo de calor. O sentido sempre vai ocorrer do maior para o menor valor. Se as temperaturas dos meios forem iguais não haverá transferência de calor, caso em que se diz que os meios estão em estado de equilíbrio (ABREU et al., 2011). Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a transferência de fluxo de calor na superfície de uma edificação e do ar.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A pesquisa desenvolveu-se no Edifício Garagem do Empresarial Charles Darwin, da construtora Rio Ave Empreendimentos, no Recife, 8° 03' 54"S 34° 53' 46" W. Uma estação meteorológica automática completa (Onset) foi instalada na laje do edifício. Foram registrados a cada 10 minutos, durante todo o período para o registro da Temperatura do ar ( $T_{ar\_ext}$ , °C). Para registro dos elementos meteorológicos internos, foram instalados dois sensores HOBO U12-012, em duas salas totalmente fechadas (Sala 1 fechada na lateral com madeira compensada e na frente com vidro da estrutura predial e Sala 2 fechada na lateral e frente com madeira compensada, os fundos de ambas as salas fechadas com a estrutura de concreto da edificação) afixados no centro dos ambientes a uma altura de 1,60 m em relação ao solo. Os aparelhos foram programados para registrar a temperatura e umidade relativa do ar a cada 10 min e integrados para 24 horas. Para a análise térmica da cobertura foram utilizadas imagens de uma câmera termográfica modelo FLIR I60, feitas no mesmo ponto da face externa e interna da laje, de cada sala fechada uma vez por semana, de uma em uma hora, ao longo de todo período experimental. Para a determinação dos gradientes de temperatura entre a superfície superior e inferior da laje foi utilizada a equação seguinte: ( $G_t = T_s - T_i$ )  $G_t$  = gradiente da laje;  $T_s$  = temperatura da superfície superior da laje;  $T_i$  = Temperatura da superfície inferior da laje. Para gradiente médio da temperatura entre o ambiente e a temperatura média da superfície superior da laje ( $G_t\ MDS = T_{ar} - T_s$ ),  $G_t\ MDS$  = gradiente médio superior;  $T_{ar}$  = temperatura do ar;  $T_s$  = temperatura da superfície superior da laje. Para o gradiente médio da temperatura entre o ambiente e a temperatura média da superfície inferior da laje ( $G_t\ MDI = T_a - T_i$ ),  $G_t\ MDI$  = gradiente médio inferior;  $T_a$  = temperatura ambiente;  $T_i$  = temperatura da superfície inferior da laje. A análise do gradiente foi realizada nos dias mais frio (seis) e no dia mais quente (treze) do mês de maio.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** No Gradiente  $T_s-T_i$  do dia 06 o fluxo de calor foi de início negativo (até as 10:00 horas) posteriormente positivo, na sala 1 a perda de calor é maior que na sala 2, conseqüentemente sala 1 esfria mais rápido. O fluxo de calor foi positivo (Figura 1)

mostrando que a temperatura superior da laje foi maior que a temperatura inferior da laje nas duas salas. A partir da 14: 00 horas o gradiente começa a inverter, pois o fluxo de calor no interior da sala 2 passa a ser maior do que o da sala 1 e o fluxo passa a ser de baixo para cima.

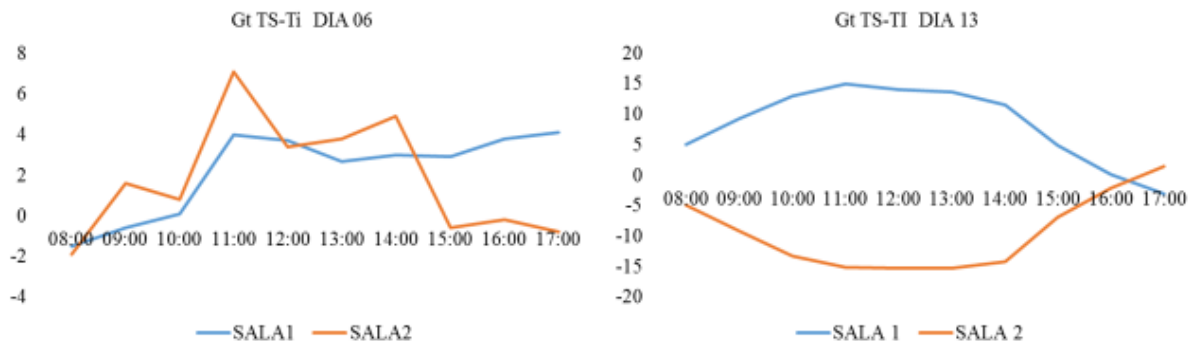


Figura 1. Gradiente de temperatura entre a superfície superior e inferior da laje ( $Gt = Ts - Ti$ )  $Gt$  = gradiente da laje  $Ts$  = Temperatura da superfície superior da laje  $Ti$  = Temperatura da superfície inferior da laje.

No dia de maior temperatura (dia 13 de maio) a sala 2 apresentou gradiente negativo as 16:00 horas, pois a sala 2 armazena maior quantidade de calor, fazendo com que o fluxo ocorra da superfície interna para a externa, já que a sala 1 o gradiente é positivo pois, esta armazena menos calor e o fluxo ocorre da superfície externa para a interna.

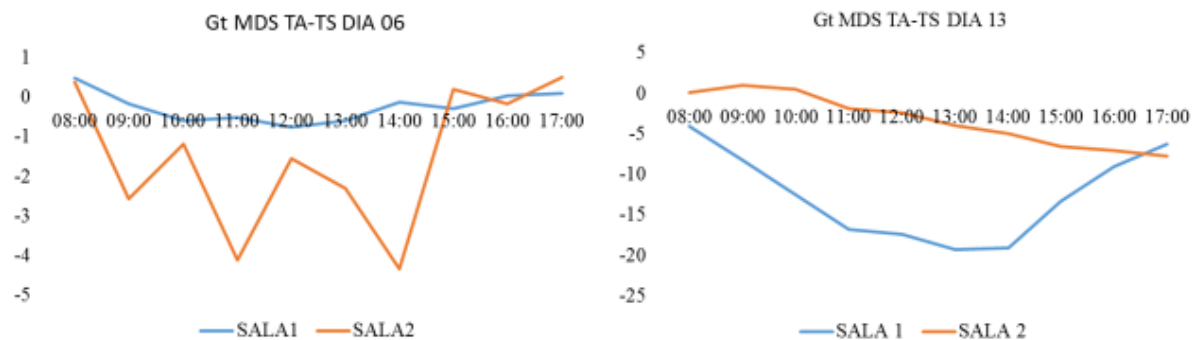


Figura 2: Gradiente médio da temperatura entre o ambiente e a temperatura média da superfície superior da laje ( $Gt \text{ MDS} = Ta - Ts$ ),  $Gt \text{ MDS}$  - gradiente médio superior;  $Ta$  - temperatura ambiente;  $Ts$  - temperatura da superfície superior da laje

O gradiente médio superior entre ar e superfície superior das salas fora positivo no início e no final do dia, pois o fluxo de calor é do ar para a superfície (Figura 2). Abreu et al., (2011) em experimento com diferentes tipos de telhas verificou que o gradiente de temperatura às 12 h, foi negativo para todas as telhas, sendo o valor do gradiente negativo significa que o sentido do fluxo de calor será da telha para o ar. Na maior parte do dia o fluxo de calor ocorre da superfície das salas para o ar. Entre as salas ocorre o fluxo é menor na sala 2 pois, esta conserva mais calor do que a sala 1. No dia 13 o gradiente médio na sala 1 foi negativo, ou seja, o fluxo de calor ocorreu da superfície para o ar. A superfície superior da sala 1 transferiu mais calor para o ar do que a sala 2, porém a superfície superior da sala 2 transferiu mais calor para o ar do que a sala 1, pois o gradiente da sala 1 ocorre de fora para dentro.

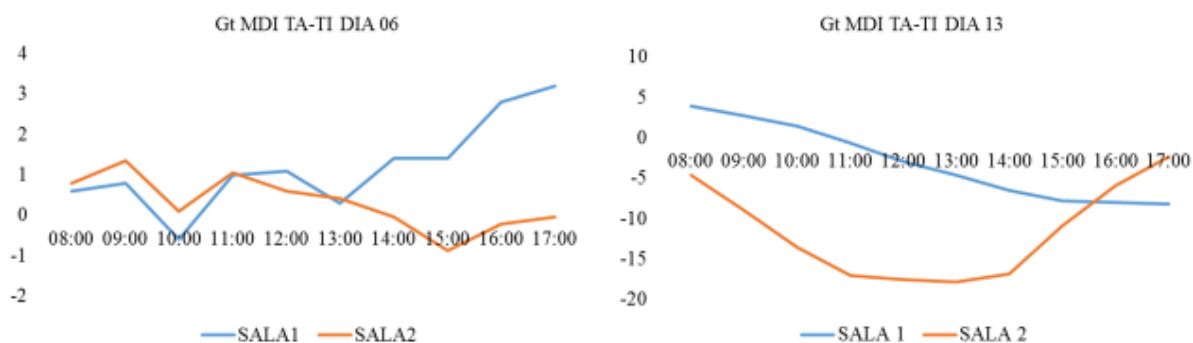


Figura 3: Gradiente médio da temperatura entre o ambiente e a temperatura média da superfície inferior da laje ( $Gt\ MDI = T_a - T_i$ ),  $Gt\ MDI$  - gradiente médio inferior;  $T_a$  - temperatura ambiente;  $T_i$  - temperatura da superfície inferior da laje.

No Gradiente médio inferior do dia 06 a temperatura do ar foi maior que a superfície inferior da sala durante maior parte do dia (Figura 3). O mesmo ocorreu com a sala 2 até as 14:00 horas, a partir daí a temperatura da superfície inferior foi maior do que a do ar devido a retenção maior de calor da superfície. Já no dia 13 a temperatura da superfície inferior foi menor que a do ar em ambas as salas, na sala 1 entre as 8:00 as 11:00 horas a temperatura da superfície foi maior que a do ar, ou seja, o fluxo ocorreu da superfície para o ar. Na sala 2 o fluxo ocorreu da superfície inferior para o ar. Vieira (2014) notou que a diferença entre as temperaturas sob a cobertura é relativamente maior que a diferença entre as temperaturas do ar interno.

**CONCLUSÕES:** O fluxo de calor foi positivo no dia 06/05/2016 para a sala 1, o gradiente superior (1,05 °C) foi maior que o gradiente inferior (-0,225 °C). No dia 13/05/2016 a sala 2 apresentou gradiente negativo, pois a sala 2 armazenou maior quantidade de calor, ou seja, o fluxo ocorreu da superfície externa para a superfície interna.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L. S.; VANESSA DA CONCEIÇÃO, V.; TOMAZELLI, I. L.. Análise termográfica da temperatura superficial de telhas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* (Online) v.15, n.11, p.1193–1198, 2011.
- OLIVEIRA NETO, A. C. **Cobertura verde: estudo de caso no município de São José dos Campos - SP. Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.
- ROCHA, L. M. V.; SOUZA, L. C. L.; CASTILHO, F. J. V. Ocupação do Solo e Ilha de Calor Noturna em Avenidas Marginais a Um Córrego Urbano. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 161-175, jul./set. 2011.
- TASSI, R.; TASSINARI, L. C. da S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014..
- VIEIRA, T. J. **Comparação da Variação de Temperatura Interna de um Ambiente Revestido com Telhado Verde e um com Telhado Convencional**. 2014. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.