



Análise experimental do comportamento térmico de telhado de fibrocimento em comparação com telhado verde com florífera

Experimental analysis of the thermal behavior of a fiber cement roof compared to a green roof with flowers

Milena de Sousa Vera¹, Anelise Tessari Perboni², Makerli Galvan Zanella³, Eleandro José Brun⁴, Flávia Gizele König Brun⁵

RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência do telhado verde com cobertura de planta florífera em comparação ao telhado de fibrocimento convencional no desempenho térmico de edificações populares. O estudo foi desenvolvido na UTFPR-Dois Vizinhos, com o emprego de bancada experimental com 8 módulos, com repetições de 04 módulos por telhado distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram coletados quinzenalmente no verão (dez/2022 a mar/2023), nos horários de 9h, 12h, 15h e 18 h, avaliando-se temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) externas e internas dos módulos. O processamento dos dados foi em planilha eletrônica Excel Microsoft® com o cálculo das médias térmicas. Com o Software SasmAgri® realizou-se Teste de Tukey a 5,0%. O telhado verde em comparação ao telhado fibrocimento apresentou temperatura de superfície inferior para os três primeiros horários avaliados, sendo de 22,2% (7,2°C), 32,2%(16,4°C) e 26,9%(12,9°C) respectivamente. Para as demais variáveis climáticas avaliadas, mesmo não diferindo estatisticamente, o telhado verde apresentou valores positivos, proporcionando melhoria na temperatura interna e aumento na umidade do ar.

PALAVRAS-CHAVE: desempenho térmico, telhado verde, telhado de fibrocimento.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the efficiency of a green roof with a flowering plant cover compared to a conventional fiber cement roof in the thermal performance of popular buildings. The study was developed at UTFPR-Dois Vizinhos, using an experimental bench with 8 modules, with repetitions of 04 modules, distributed in a completely randomized experimental design (DIC). Data were collected fortnightly in the summer (Dec/2022 to Mar/2023), at 9 am, 12 pm, 3 pm and 6 pm, evaluating temperature (°C) and relative air humidity (%) outside and inside the modules. The data was processed using a Microsoft® Excel spreadsheet and the Tukey Test at 5.0% was performed using the SasmAgri® Software. The green roof compared to the fiber cement roof presented a lower surface temperature for the first three times evaluated, being 22.2% (7.2°C), 32.2% (16.4°C) and 26.9% (12.9°C) respectively. For the other climatic variables evaluated, even though they did not differ statistically, the green roof presented positive values, providing an improvement in internal temperature and an increase in air humidity.

KEYWORDS: thermal performance, green roof, fiber cement roof.

¹ Bolsista PIBITI-CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: milenavera@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5017986204254720>.

² Eng. Agra., Dra. Professora nas áreas de floricultura. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: aneliseperboni@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6788574545857229>.

³ Arquiteta e Urbanista, Dra., Pesquisadora na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná. E-mail: makerlizanella@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5396023590219217>

⁴ Eng. Florestal, Dr., Professor nas áreas de silvicultura e ecologia aplicada. Universidade Tecnológica Federal do Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: eleandrobrun@professores.utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8251362510914061>.

⁵ Docente no Curso de Engenharia Florestal, nas áreas de Ecologia, Silvicultura Urbana e paisagismo. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. E-mail: flaviag@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6726047944911217>.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento dos centros urbanos, aumento da população, ampliação de áreas construídas e impermeabilização do solo o meio ambiente vem sofrendo intenso processo de modificação, e com isso surgem diversos problemas, como por exemplo aumento da temperatura urbana, que acarreta no surgimento do fenômeno conhecido como ilhas de calor, maior risco de inundações urbanas, diminuição da vida silvestre nos centros urbanos e aumento da poluição do ar (BIANCHINI e HEWAGE, 2012); (RAZZAGHMANESH et al. 2014); (VIJAYARAGHAVAN, 2016).

Com isso surge a necessidade de se repensar o sistema de gestão do espaço urbano no que se refere a propiciar aos seus habitantes um modo de vida com qualidade e bem-estar. Diante disso os telhados verdes surgem como uma ferramenta de solução para mitigar as problemáticas enfrentadas no meio urbano, pois os mesmos tem potencial de proporcionar vantagens tanto para as pessoas como para o microclima da região onde se encontra inserido, pois a vegetação inserida nessas coberturas traz equilíbrio para o clima, e oferecem grandes benefícios para a saúde das pessoas (SILVA e KASHIWA, 2018).

Os telhados verdes são também conhecidos como ecotelhados, coberturas vivas, telhados jardins, coberturas vegetadas, tetos verdes, entre outras nomenclaturas. De maneira geral, são coberturas compostas por tais camadas, barreira impermeável, camada de drenagem, camada filtrante, substrato e vegetação (PARIZOTTO; LAMBERTS, 2011).

Com isso, esse estudo objetiva comparar a eficiência de um sistema de telhado verde extensivo com planta florífera e de telhado de fibrocimento convencional na melhoria do desempenho térmico da edificação no período de verão.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos (UTFPR-DV) nas coordenadas geográfica 25°42'11,2" S de latitude sul e 53°05'58,77" W de longitude oeste de Greenwich, conforme observado na figura 1.

Figura 1 – Localização da bancada experimental (destacado em vermelho) na área do Campus da UTFPR-Dois Vizinhos – Paraná – Brasil.

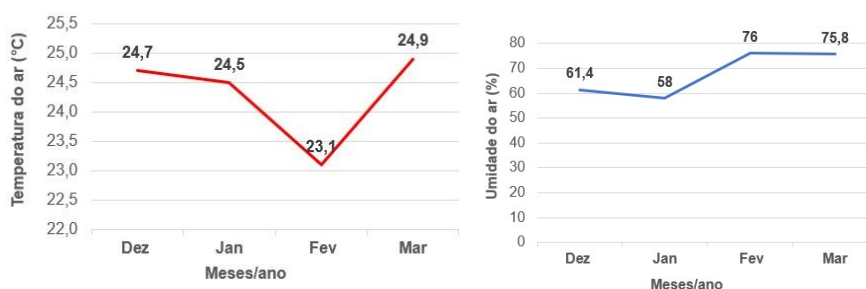


Fonte: Google Earth (2023).

O clima da região é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com média anual da precipitação pluviométrica entre 1900 a 2000mm, com distribuição uniforme (ALVARES et al., 2013).

O comportamento térmico no período de estudo (2ª quinzena de Dezembro de 2022 a 1ª quinzena de Março de 2023) foi obtido através de dados do INMET (2023), foi realizado o levantamento das temperaturas e umidade médias do ar de acordo com os meses em que ocorreu a coleta dos dados do estudo, como demonstra a figura 2.

Figura 2 – Temperaturas (°C) e umidade relativa do ar (%) médias externa na estação do verão, durante o período de avaliação do desempenho climático dos diferentes tipos de telhados na bancada experimental.



Fonte: Adaptado de INMET (2022-2023).

Para o desenvolvimento do estudo foi utilizado uma bancada experimental, que simula um telhado convencional de habitações populares e telhado verde produtivo extensivo. A bancada está dividida em oito módulos, com dimensões estruturais de 2,14 x 4,03 m, sendo cada módulo com 0,85 x 1,0 m, área de 0,85 m² cada módulo, conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3- Procedimento de construção, vedação e implantação das coberturas de vegetação no ano 2: A) construção dos módulos experimentais; B) instalação da manta geotextil e do substrato para implantação do telhado verde; c) bancada experimental com telhado verde com plantio da espécie utilizada (floração) nos módulos experimentais e telhado de fibrocimento.



Fonte: Brun, F. G. K, 2022; Vera, M.S,2023.

O delineamento experimental utilizado foi de Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 02 tratamentos, ambos construídos com telhas de fibrocimento de 6,0 mm de espessura (Telhado de fibrocimento que é o tratamento controle, e Telhado verde), com 04 repetições cada. Para a instalação do telhado verde optou-se pelo tipo extensivo, que foi construído sobre a telha de fibrocimento, com a implantação de uma manta bidim recobrindo a telha e as paredes dos módulos.

Após a manta geotextil foi implantada uma camada de 10,0 cm de substrato formulado (mistura de 75,0% comercial e 25,0% de vermiculita) com uma camada de 10,0 cm por módulo para fixação das plantas.



A espécie empregada para o estudo foi uma herbácea florífera popularmente conhecida como Onze horas (*Portulaca grandiflora*), pertence à família Portulacaceae, com tamanho de no máximo vinte centímetros de altura, apresenta folhas grossas e carnudas, florescem no verão, com uma enorme variedade de cores, tolera climas frios, podendo ser cultivada em todo o país (LORENZI et al., 1999).

Para a coleta de dados térmicos para a verificação da eficiência térmica da superfície do telhado e internamente nos módulos em cada tratamento (telhado de fibrocimento e verde) foram realizadas coletas quinzenais nos meses de dezembro de 2022 a março de 2023. Sendo esses dados referentes estação verão.

As coletas quinzenais foram realizadas por 03 dias consecutivos, nos horários das 09 h, 12 h, 15 h e 18 h para acompanhamento da evolução térmica dos telhados analisados. Para a superfície de cada tipo de telhado foi aferida a Temperatura de superfície (°C) dos mesmos com o emprego de Termômetro de Infravermelho e a temperatura e umidade do ar internamente dos módulos foram aferidas com o uso de termo-higrômetros digitais com o sensor instalado internamente no módulo, e o visor de leitura instalado acima da porta do módulo externamente.

Os dados foram processados em planilha eletrônica Microsoft Excel®, e realizadas análises estatísticas de teste de normalidade por Kolmogorov Smirnov, teste de comparação de médias por Teste de Tukey a 5,0% de probabilidade de erro, e verificou-se a eficiência dos tratamentos para as variáveis mensuradas no Software estatístico SASMAgri®.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para as variáveis climáticas avaliadas no estudo durante o período de verão, verificou -se que a única que diferiu estatisticamente foi a temperatura de superfície sobre os telhados onde o telhado verde apresentou-se com a temperatura inferior em três dos horários de coletas (9 h, 12 h e 15 h) apresentando uma redução de temperatura de 22,2% (7,2°C), 32,2%(16,4°C) e 26,9%(12,9°C) respectivamente, quando comparado ao telhado de fibrocimento convencional (Tabela 1), sendo um resultado positivo pois demonstra o potencial do telhado verde na redução da temperatura das superfícies, isso devido a presença da vegetação, que favorece na regulação da temperatura do ambiente devido ao processo de evapotranspiração, processo esse que contribui para o resfriamento da superfície, melhorando assim o microclima, e com isso podendo ser uma alternativa eficaz para mitigar o efeito da ilha de calor no meio urbano.

Tabela 1 – Avaliação comportamento climático dos módulos nos diferentes tipos de telhados analisados no estudo. *Médias não seguidas pela mesma letra, na vertical, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Horário/Tratamento	Temperatura de superfície do telhado (°C)	Temperatura do ar no módulo (°C)	Umidade do ar no módulo (%)
	9:00 h		
T. de fibrocimento	32,5 a	22,1 a	73,7 a
T. verde	25,3 b*	22,0 a	76,1 a
CV (%)	11,8%	1,2%	3,1%



12:00 h			
T. de fibrocimento	51,0 a	25,8 a	70,5 a
T. verde	34,6 b*	25,6 a	72,6 a
CV (%)	18,2%	3,5%	2,4%
15:00 h			
T. de fibrocimento	48,0 a	28,1 a	65,9 a
T. verde	35,1 b*	27,9 a	67,8 a
CV (%)	10,2%	5,0%	6,9%
18:00 h			
T. de fibrocimento	29,3 a	28,2 a	63,3 a
T. verde	26,3 a	28,6 a	65,8 a
CV (%)	10,3%	6,0%	8,4%

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Em relação as demais variáveis, mesmo não apresentando diferença estatística, o telhado verde em comparação ao telhado de fibrocimento apresentou valores menores de temperatura do ar dentro dos módulos em três dos horários avaliados, as 09h apresentou uma redução de temperatura de (0,5%), as 12h de (0,8%) e as 15h de (0,7%), sendo resultados positivos pois de acordo com Cantuária (1995), a implementação de plantas nos telhados das edificações contribui para redução de temperatura nos ambientes internos, e isso ocorre devido as propriedades térmicas das vegetações, que ao entrarem em processo de evapotranspiração reduzem a temperatura ambiente do edifício, e absorvem a radiação solar por condução e convecção, e conseqüentemente contribui para uma possível economia de energia, pois reduz a necessidade do uso de aparelhos de ar-condicionado para regulação térmica desses ambientes.

Em relação a umidade do ar dentro dos módulos, em todos os horários apresentou-se com maiores percentuais, tendo as 9h um percentual de (3,2%), 12h (2,9%), 15h (2,8%) e 18h (3,8%), sendo resultados positivos pois demonstra que telhados verdes podem contribuir para o a qualidade do ar interna e conforto térmico no interior das edificações.

CONCLUSÃO

O telhado verde em comparação ao telhado fibrocimento apresentou temperatura de superfície inferior nos três primeiros horários de coletas, tendo uma redução de 32,2% de temperatura no horário das 12 h, e no horário das 9 h e 15 h reduzindo a temperatura em um percentual de 22,2% e 26,9%, com isso contribui para o resfriamento da superfície, melhorando assim o microclima do ambiente.

E em relação as outras variáveis climáticas avaliadas, mesmo não diferindo estatisticamente, o telhado verde apresentou valores positivos quando comparado com o telhado de fibrocimento, tendo valores menores de temperatura do ar dentro dos módulos em três dos horários avaliados e maior percentual de umidade do ar em todos os horários avaliados, contribuindo assim para a melhoria na temperatura interna da edificação, e favorecendo para uma melhor qualidade de vida, tornando o ambiente mais agradável.



Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq pela concessão de bolsas de Iniciação Tecnológica (PIBITI) a primeira autora.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

BIANCHINI, F; HEWAGE, K. How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. **Building and environment**, v. 48, p. 57-65, 2012.

CANTUÁRIA, G. **Microclimatic impact of vegetation on building surfaces**. Architecture master dissertation - Architectural department, Architectural Association Graduate School. London, 1995.

LORENZI, H. et al. **Plantas ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras, 2ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 1999. 1088 p.

PARIZOTTO, S.; LAMBERTS, R. Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 7, 2011, p. 1712-1722.

RAZZAGHMANESH, M.; BEECHAM, S.; BRIEN, C. J. Developing resilient green roofs in a dry climate. **Science of the Total Environment**, v. 490, p. 579-589, 2014.

Silva, V. L. A., Kashiwa, L. Sustentabilidade e conforto a aplicação do telhado verde como solução sustentável. **MIX Sustentável**, 4(1), 117-122, 2018.

VIJAYARAGHAVAN, K. Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2016.