DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/18

Aplicação de Geossintéticos em Telhado Verde: Estudo de Caso na Favela da Maré, Rio de Janeiro

Ana Clara Marques Arruda Ferreira
Engenheira Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil, aarruda@poli.ufrj.br

Marcos Barreto de Mendonça
Professor, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil, mbm@poli.ufrj.br

Wagner Nahas Ribeiro
Professor, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil, wagnernahas@poli.ufrj.br

Luiz Augusto da Silva Florêncio
Professor, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil, luiz.florencio@poli.ufrj.br

Roberto Menezes de Matos Pereira
Graduando de Eng. Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil, robertoufrj2021@poli.ufrj.br

RESUMO: Nas metrópoles brasileiras, os impactos das mudanças climáticas são mais severos em áreas socialmente vulneráveis, como favelas, onde construções que frequentemente não seguem técnicas adequadas de isolamento, estão mais expostas a temperaturas extremas. Nesse cenário, telhados verdes com geossintéticos surgem como uma alternativa de tecnologia social e sustentável. Este trabalho objetiva analisar o desempenho térmico de duas configurações de telhados verdes sobre cobertura metálica em uma residência na Favela da Maré, Rio de Janeiro. A primeira configuração utilizou geomembrana, geotêxtil e uma camada drenante de tampinhas de garrafa PET; e a segunda, utilizou um geocomposto multifuncional. O monitoramento da temperatura foi realizado entre dezembro de 2024 e março de 2025, estação de verão. Os resultados demonstraram que ambas as configurações apresentaram desempenho satisfatório, reduzindo a temperatura da face inferior da telha em até 4,3 °C nos horários de pico e reduzindo a amplitude térmica interna em cerca de 12,6 °C em comparação ao telhado convencional. Conclui-se que telhados verdes com geossintéticos, especialmente com uso de materiais recicláveis, constituem uma solução tecnicamente viável e de baixo custo para melhorar o conforto térmico e a resiliência climática em assentamentos precários.

PALAVRAS-CHAVE: Geossintéticos, Telhado verde, Conforto térmico, Áreas urbanas de vulnerabilidade social, Maré.

ABSTRACT: In Brazilian metropolises areas, the impact of climate change is more severe in socially vulnerable communities such as informal settlements (favelas), where buildings often lack adequate thermal insulation techniques and are therefore more exposed to extreme temperatures. In this context, green roofs with geosynthetics emerge as a sustainable and social technological solution. This study aims to evaluate the thermal performance of two green roof configurations installed over a metallic roof in a residence located in Favela da Maré, Rio de Janeiro. The first configuration used a geomembrane, geotextile, and a drainage layer of PET bottle caps; and the second one used a multifunctional geocomposite. Temperature monitoring was carried out between December 2024 and March 2025, during the summer season. The results demonstrated that both configurations achieved satisfactory performance, reducing the temperature at the underside of the metal roofing by up to 4.3 °C during peak heat hours and decreasing the indoor thermal amplitude by approximately 12.6 °C compared to the conventional roof. It can be concluded that the green roofs with geosynthetics, particularly those with recycled materials, represent a feasible and low-cost solution to enhance thermal comfort and climate resilience in precarious settlements.

KEYWORDS: Geosynthetics, Green roof, Thermal comfort, Socially vulnerable urban areas, Maré.

1 INTRODUÇÃO

O acelerado processo de expansão urbana no Brasil tem provocado significativas transformações no ambiente construído, impactando diretamente no conforto térmico e na qualidade de vida (Shams; Giacomeli; Sucomine, 2009). Uma das principais consequências é a formação de ilhas de calor urbanas, causada por vários fatores, entre os quais se destaca o uso de materiais como concreto e asfalto, que apresentam elevada absorção de radiação solar e contribuem para elevar as temperaturas em áreas densamente edificadas (Righi *et al*., 2023; Sharma *et al.*, 2016). Esse fenômeno não apenas intensifica a temperatura na área externa (Zhang *et al*., 2011), mas também eleva o calor no interior das construções.

Esse fenômeno é intensificado em áreas de vulnerabilidade social, como as favelas, onde a carência de áreas vegetadas e predomínio de coberturas em lajes de concreto e telhas metálicas expõem a população a temperaturas extremas (Redes da Maré, 2024). As ondas de calor configuram-se como eventos adversos associados a desastres meteorológicos(Ministério da Integração Nacional , 2012). Como recurso, Soluções Baseadas na Natureza (SbN), como telhados verdes, atuam na mitigação térmica e retenção de águas pluviais reduzindo o fluxo que alcança a superfície do terreno (Sharma *et al.*, 2016; Marques *et al*., 2021; Silva; Silva; Pastich, 2022). Além disso, no contexto de habitações populares, o uso de geossintéticos surge como uma alternativa promissora para simplificar a execução e reduzir a sobrecarga estrutural dos telhados verdes (Amorim, 2015; Ferreira, 2025).

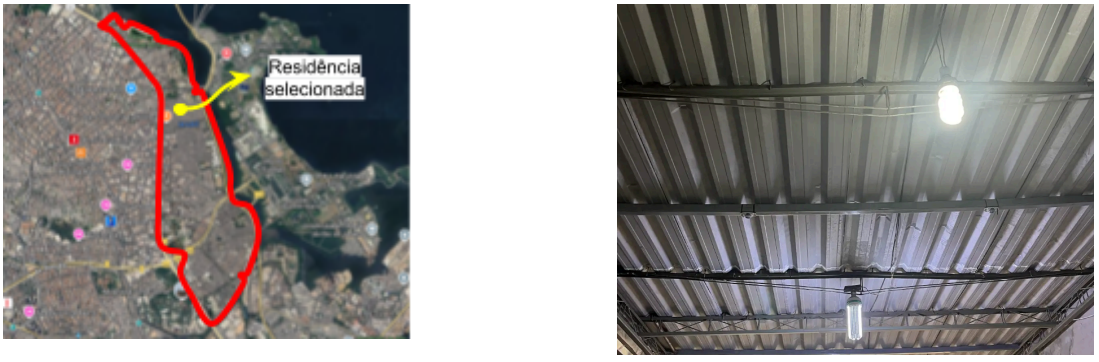
Desse modo, o presente estudo analisa o desempenho térmico de duas configurações de telhado verde com emprego de geossintéticos implantadas no Complexo da Maré, Rio de Janeiro, avaliando sua eficácia como tecnologia passiva de climatização.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização do Imóvel e do Território

O estudo investigou a aplicação experimental de telhado verde em uma residência na favela Parque Rubens Vaz, que faz parte do Complexo da Maré, Zona Norte do município do Rio de Janeiro. A localização da área de estudo é apresentada na Figura 1(a). Trata-se de um território caracterizado por alta densidade urbana, carência de áreas verdes e precariedade de serviços públicos adequados (Redes da Maré, 2024).

A residência selecionada para receber o telhado verde possui cobertura de telhas metálicas onduladas sobre estrutura de aço, apresentando uma área com dimensões aproximadas de 4m x 9m. Esta tipologia de cobertura, vista pelo interior da edificação na Figura 1(b) é comum na região e contribui para o baixo isolamento térmico das habitações.



(a) (b)

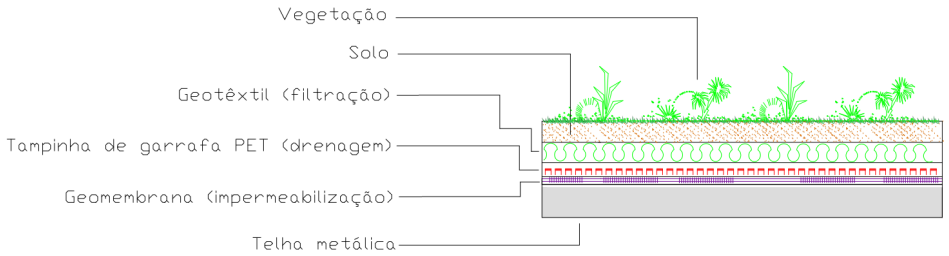
Figura 1. Contexto da pesquisa. (a) Localização da Favela da Maré; (b) Vista inferior do telhado metálico.

2.2 Materiais Geossintéticos e Configurações Experimentais

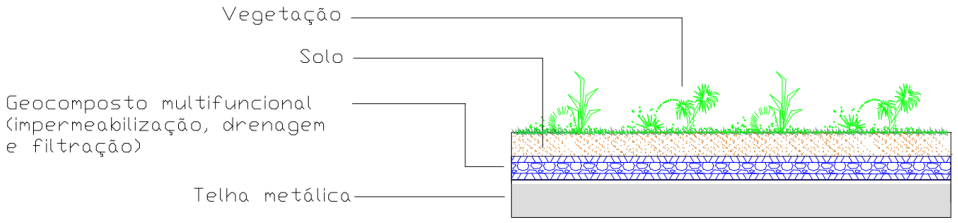
A cobertura da residência foi dividida em duas partes iguais para receber duas configurações de telhado verde: Telhado Verde A (TVA) e Telhado Verde B (TVB), seguindo o modelo semi-extensivo devido à sua leveza e baixa manutenção. Um telhado verde é composto por camadas sobrepostas de materiais distintos, cada um com sua função específica: impermeabilização, drenagem, filtração e substrato para vegetação. A Tabela 1 resume os materiais empregados em cada camada e suas respectivas funções para ambas as configurações. A Figura 2 apresenta os desenhos esquemáticos, fora de escala, com os detalhes da seção transversal longitudinal de cada configuração.

Tabela 1. Resumo das funções e materiais das configurações experimentais TVA e TVB.

Função	Material	
	Telhado TVA	Telhado TVB
Impermeabilização	Geomembrana	
Drenagem	Tampinhas de garrafa PET	Geocomposto multifuncional
Filtração	Geotêxtil	
Substrato	Solo orgânico (5,0 cm)	Solo orgânico (5,0 cm)



(a)



(b)

Figura 2. Detalhe das configurações do telhado verde. (a) Telhado TVA; (b) Telhado TVB.

Na configuração de telhado verde TVA, as tampas de garrafa PET foram coladas sobre a geomembrana, sendo posicionadas com a abertura para cima e espaçamento de 4 cm. Além de permitir a drenagem no plano horizontal, esta configuração permite o armazenamento temporário de pequenas quantidades de água dentro das tampinhas, para garantir uma maior umidade. Foi colocada uma manta geotêxtil não tecido sobre as tampas, com função de filtro para o substrato. Por fim, foi disposta uma camada de 5,0 cm de solo orgânico, seguido pelo plantio manual da vegetação selecionada.

Na configuração de telhado verde TVB, a execução foi simplificada com uso de geocomposto drenante (geomembrana, georrede e geotêxtil) como uma única camada. Este material atende, em uma única peça, às funções de impermeabilização, drenagem e filtração. A configuração TVB permitiu uma instalação mais rápida e uniforme. Na parte superior tem-se os mesmos 5,0 cm de solo orgânico seguido pelo plantio manual da vegetação. Mais detalhes sobre as duas configurações de telhado verde executadas podem ser encontrados em Ferreira (2025).

A Figura 3 apresenta os detalhes das camadas drenantes das duas configurações de telhado verde executados em campo.



(a) (b)

Figura 3. Detalhes dos geossintéticos utilizados. (a) Geomembrana, tampinha PET e Geotêxtil na configuração TVA; (b) Geocomposto da configuração TVB.

Após a montagem das camadas, foram instalados dispositivos adicionais para garantir o desempenho adequado e a manutenção do telhado verde, destacando-se a irrigação e a circulação de pessoas. O sistema de irrigação consistiu em uma instalação hidráulica diretamente da caixa d'água para a conexão de mangueiras perfuradas para manter a umidade do solo. Para a circulação de pessoas sobre o telhado, foram dispostas tábuas de madeira para distribuir o peso e não danificar as plantas ou comprimir excessivamente o substrato.

A Figura 4 apresenta o telhado verde logo após a finalização da montagem das camadas e disposição do substrato [Figura 4(a)] e sete meses após o plantio, momento em que a vegetação semi-extensiva já apresentava cobertura plena [Figura 4(b)]. Foi destacado na figura o respectivo lado de cada configuração.



(a) (b)

Figura 4. Fotos do Telhado verde (a) Após a disposição do substrato e tábuas para facilitar a circulação; (b) 07 meses após o plantio da vegetação.

2.3 Monitoramento térmico

O monitoramento térmico foi realizado por meio de sete sensores de temperatura *HOBO Pendant® MX Water Temperature Data Logger*, com acurácia de ±0,5°C. A numeração e localização de cada dispositivo utilizado no experimento estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Posição dos sensores de temperatura.

Sensor de temperatura	Posição do sensor
412	face inferior do telhado verde TVA
416	face inferior do telhado verde TVB
417	meia altura do cômodo abaixo do telhado verde TVA
415	meia altura do cômodo abaixo do telhado verde TVB
413	face inferior do telhado convencional (vizinho)
414	meia altura do cômodo abaixo do telhado convencional (vizinho)
395	externo - acima dos telhados

Os sensores foram fixados na face inferior das telhas metálicas (sensores 412 e 416) e a meia altura dos cômodos (sensores 417 e 415) para cada configuração de telhado verde. Como grupo de controle para comparação, um sensor externo (395) mediu a temperatura acima do telhado, enquanto outros dois sensores (413 e 414) foram instalados em uma residência vizinha com cobertura convencional. Os dados foram registrados em intervalos de 5 minutos, processados via software *HOBOconnect* e organizados em planilhas eletrônicas para análise. A Figura 5 apresenta um desenho esquemático com a posição dos sensores de temperatura.

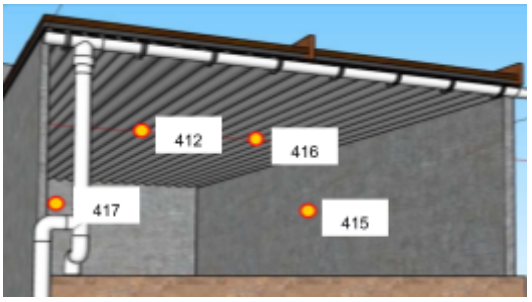


Figura 5. Desenho esquemático da disposição dos sensores na residência onde o telhado verde foi instalado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para validar a eficiência dos telhados verdes na mitigação do calor em condições extremas, foram selecionados três dias que apresentaram as maiores temperaturas máximas registradas pela Estação Meteorológica de Irajá durante o período de monitoramento. As datas selecionadas, seus respectivos horários de pico e as temperaturas externas máximas aferidas estão presentes na Tabela 3.

Tabela 3. Temperaturas máximas registradas nos dias críticos de monitoramento.

Dia	Horário do Pico	Temperatura Externa Máxima (°C)
18/01/2025	14h00	41,5
17/02/2025	15h00	43,0
18/02/2025	13h15	41,8

A eficiência dos sistemas foi verificada através da análise do gradiente de temperatura e da variação da amplitude térmica diária. A Tabela 4 apresenta o resumo estatístico das temperaturas registradas no dia 17/02/2025, o evento de maior temperatura máxima identificado durante o período de monitoramento. Foram

priorizados os sensores 412, 416 e 413, na face inferior do telhado, pelo fato de ser a superfície com principal interface de troca de calor com o ambiente interno.

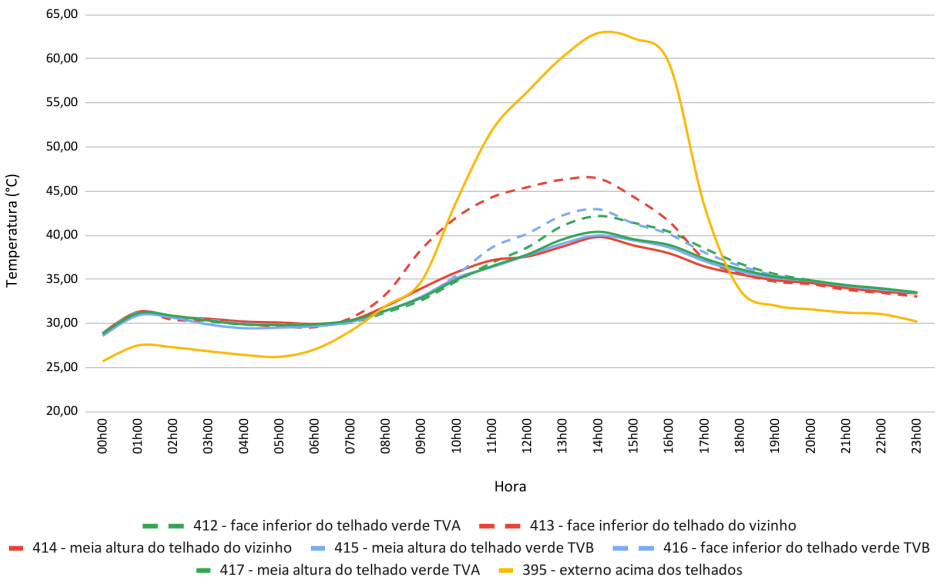
Tabela 4. Resumo estatístico das temperaturas no dia de pico térmico (17/02/2025).

Configuração	Sensor	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Amplitude (°C)
Externo (acima do Telhado)	395	63,8	26,1	37,7
Telhado Convencional (Vizinho)	413	46,8	29,3	17,5
Telhado Verde TVA	412	42,3	29,7	12,6
Telhado Verde TVB	416	43,1	29,8	13,3

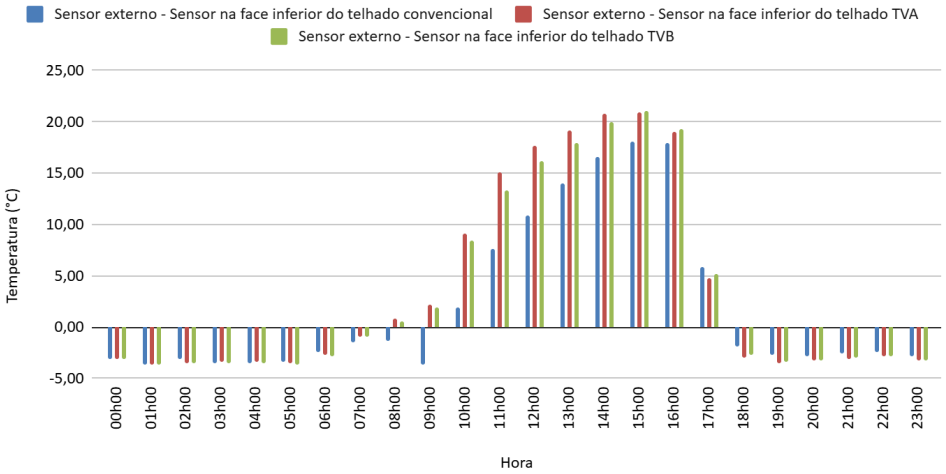
Para visualizar a eficiência dos telhados verdes com geossintéticos, a Figura 6(a) apresenta as curvas de temperatura registradas pelos sensores situados nos telhados TVA e TVB, além do convencional, durante o dia mais crítico de monitoramento (17/02/2025).

Conforme observado na Figura 6(a), a temperatura da face inferior do telhado convencional (sensor 413) apresenta um aumento abrupto, acompanhando diretamente a radiação solar e atingindo seu pico às 14h00. Em contraste, as curvas das configurações TVA (sensor 412) e TVB (sensor 416) mostram-se significativamente mais suavizadas no mesmo horário. Este comportamento evidencia o efeito de amortecimento térmico proporcionado pelo sistema de telhado verde. Enquanto a face inferior do telhado convencional responde rapidamente às variações externas, chegando a 46,8 °C, os telhados verdes retardam o fluxo de calor, mantendo as temperaturas nas faces inferiores abaixo dos 43,1 °C.

Complementarmente, a análise do gradiente térmico em relação ao ambiente externo (Sensor 395), ilustrada na Figura 6(b), destaca a capacidade de isolamento de cada configuração. Nota-se que, nos horários de pico de insolação, a diferença de temperatura entre o exterior e a face inferior da telha no sistema TVA chegou a superar 20 °C. Este elevado gradiente confirma que a combinação de geossintéticos, camada drenante (como tampinhas PET) e substrato vegetal atuou como uma barreira fundamental para mitigar a irradiação térmica excessiva, promovendo uma melhoria significativa nas condições de habitabilidade e conforto térmico dos moradores.



(a)



(b)

Figura 6. Desempenho térmico das configurações experimentais no dia crítico. (a) Variação horária da temperatura na face inferior das telhas; (b) Gradiente de temperatura entre o ambiente externo e interno.

4 CONCLUSÕES

A presente pesquisa avaliou o desempenho térmico de duas configurações de telhado verde com geossintéticos em uma área de vulnerabilidade social, especificamente no Complexo da Maré, Rio de Janeiro. O objetivo central foi analisar a viabilidade técnica dessas medidas como estratégia de mitigação dos efeitos das ilhas de calor urbanas, visando à melhoria do conforto térmico e fortalecimento da resiliência climática em habitações situadas em contextos urbanos socialmente vulneráveis.

O uso de geossintéticos em telhados verdes mostrou-se tecnicamente viável e socialmente relevante, proporcionando: atenuação térmica significativa, com redução da temperatura da face inferior da telha metálica em até 4,3 °C no horário de pico em comparação com o telhado convencional; redução de carga estrutural em comparação aos sistemas convencionais e simplicidade construtiva para habitações em áreas urbanas de vulnerabilidade social. O sucesso da configuração com materiais recicláveis (tampinhas de garrafa PET) reforça o potencial de replicabilidade da tecnologia, aliando baixo custo à promoção da economia circular dentro da comunidade. Adicionalmente, o monitoramento confirmou que o retardo do pico de calor no interior da residência é proporcionado pelo telhado verde, oferecendo maior conforto aos moradores.

Conclui-se que o telhado verde com geossintéticos constitui uma tecnologia social, prática e eficiente para o fortalecimento da resiliência climática em territórios vulneráveis e melhoria da qualidade de vida.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio fundamental para a realização desta pesquisa. A ONG Redes da Maré, especificamente à equipe do projeto EcoClima, pela parceria técnica, mobilização comunitária e suporte logístico indispensáveis para a implementação do protótipo no território. Ao Programa de Engenharia Ambiental da Poli/UFRJ pelo suporte acadêmico, institucional e pelo fomento ao projeto EcoClima. Por fim, um agradecimento especial a moradora da comunidade do Parque Rubens Vaz que gentilmente disponibilizou sua residência para a instalação dos módulos experimentais e para o monitoramento contínuo dos dados térmicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amorim, A.F.F.F. (2015). *A vegetação na envolvente exterior dos edifícios: impactos, condicionantes e estratégias de intervenção ecoeficientes*. Dissertação de Mestrado, Programa de Construção e Reabilitação Sustentáveis, Universidade do Minho, Portugal.

Ferreira, A. C. M. A. (2025). *Análise do efeito térmico de Telhados Verdes em Edificações Urbanas: Estudo de caso na favela da Maré, Município do Rio de Janeiro*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 75 p.

Marques, T.H.N., Rizzi, D.; Ferraz, V.; Herzog, C.P. (2021). Soluções baseadas na natureza: conceituação, aplicabilidade e complexidade no contexto latino-americano, casos do Brasil e Peru. *Revista LABVERDE*, São Paulo, v. 11, n. 1. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/189419.

Ministério da Integração Nacional (2012). *Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE*. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Civil.

Redes da Maré (2024). *Cartilha Ilhas de Calor: efeitos e soluções a partir das favelas – Projeto EcoClima*. Coordenação: Rian de Queiroz Cunha. Rio de Janeiro: Redes da Maré. Disponível em: https://www.redesdamare.org.br/media/downloads/arquivos/Cartilha_IlhasdeCalor_Ecoclima.pdf.

Righi, D. P.; Kohler, L. G.; Antocheves, R; Neto, A. B. S. S.; Mohamad, G. (2023). *Cobertura verde: um uso sustentável na construção civil*. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Shams, J. C. A.; Giacomeli, D.C.; Sucomine, N. M. (2009). Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba - SP, v. 4, n. 4, p. 1-16.

Sharma, A; Conry, P; Fernando, H. J. S; Hamlet, A. F.; Hellmann, J. J; Chen, F. (2016). Green and cool roofs to mitigate urban heat island effects in the Chicago metropolitan area: Evaluation with a regional climate model. *Environmental Research Letters*, v. 11, n. 6, p. 064004.

Silva, J.S; Silva, T.T.S.; Pastich, E. A. (2022). Benefícios e limitações do uso de telhados verdes: uma revisão sistemática. *Revista GEAMA, Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology*, 8(3): 15-28.

Zhang, N; Zhu, L; Zhu, Y. (2011). Urban heat island and boundary layer structures under hot weather synoptic conditions: A case study of Suzhou City, China. *Advances in Atmospheric Sciences*, v. 28, n. 4, p. 855-865.