# UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA USANDO A METODOLOGIA PRISMA: EFEITOS DO TELHADO VERDE NO CONFORTO TÉRMICO INTERNO

## *A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW USING THE PRISMA METHODOLOGY: EFFECTS OF GREEN ROOFS ON INDOOR THERMAL COMFORT*

Agnes Rayol Guedes[1]; Julia Alves de Moraes[2]; Letícia Alves Flôr de Melo[3]; Elaine Garrido Vazquez[4].

*[1]Graduando em engenharia civil | agnesguedes.20231@poli.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [2]Graduando em engenharia civil | julia.20221@poli.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [3]Graduando em engenharia civil | leticiaalves@poli.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; [4]Doutora | elaine@poli.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil.*

**Resumo:**
O crescimento populacional urbano tem intensificado os impactos ambientais nas cidades, como o aumento das ilhas de calor e o estresse térmico. Telhados verdes surgem como solução sustentável, capazes de reduzir a temperatura interna das edificações melhorando seu desempenho térmico. Ao longo dos anos pesquisas em telhados verdes com foco no conforto térmico tem aumentado, porém ainda existem lacunas para consolidação de sua compreensão, o que motiva a realização de uma revisão de literatura capaz de reunir, analisar e sintetizá-los. Diante disso, este estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura, através do protocolo PRISMA, a fim de analisar tendências de pesquisa relacionadas a esses sistemas com foco na eficiência térmica dos telhados verdes, comparando-os com coberturas convencionais. Foram analisados 235 artigos, que passaram por quatro fases: identificação, seleção, elegibilidade e inclusão, utilizando a estratégia PICO e critérios de pontuação para seleção de artigos relevantes. A principal contribuição desta pesquisa é validar o uso da metodologia PRISMA para revisão sistemática, ao mesmo tempo em que reforça o potencial dos telhados verdes como estratégia de mitigação de impactos climáticos urbanos.

**Palavras-chave:**
*Conforto térmico; Desempenho térmico; Metodologia PRISMA; Revisão de literatura; Telhado verde.*

**Abstract:**
Urban population growth has intensified environmental impacts in cities, such as the increase in urban heat islands and thermal stress. Green roofs emerge as a sustainable solution, capable of reducing the internal temperature of buildings and improving their thermal performance. Over the years, research on green roofs with a focus on thermal comfort has increased; however, gaps still remain that hinder a full understanding of the topic, which motivates the development of a literature review capable of gathering, analyzing, and synthesizing existing knowledge. In this context, this study aims to carry out a systematic literature review using the PRISMA protocol, in order to analyze research trends related to these systems with a focus on the thermal efficiency of green roofs, comparing them to conventional roofs. A total of 235 articles were analyzed, going through four stages: identification, screening, eligibility, and inclusion, using the PICO strategy and scoring criteria for selecting relevant articles. The main contribution of this research is to validate the use of the PRISMA methodology for systematic reviews, while also reinforcing the potential of green roofs as a strategy for mitigating urban climate impacts.

**Keywords:**
*Thermal comfort; Thermal performance; PRISMA Methodology; Literature review; Green roofs.*

## 1. INTRODUÇÃO

A urbanização é uma tendência crescente, e grande parte da população já vive em centros urbanos, com previsão de que até 2050 esse número alcance 68% (United Nations, 2018). As mudanças climáticas decorrentes da urbanização têm se tornado um tópico de relevância dado que afetam as áreas urbanas com a elevação da temperatura e agravamento de fenômenos climáticos extremos. Centros urbanos densos têm sido causa de diversos problemas ambientais como ilhas de calor, esgotamento de recursos, poluição do ar e da água (Raji, 2015). O efeito da ilha de calor urbana refere-se às temperaturas mais elevadas nas áreas urbanas em comparação com as áreas rurais ao redor (Hamdi e Schayes, 2008) e é um dos principais problemas enfrentados pelas cidades. Como consequência, os moradores urbanos sofrem de um maior risco de estresse térmico, o que tem um efeito negativo nas doenças relacionadas ao calor e no conforto térmico (Li *et al.*, 2019). Logo, são imprescindíveis soluções adequadas e sustentáveis para mitigá-las.

Diante desses desafios climáticos, em uma sociedade que visa atingir um equilíbrio entre o desenvolvimento e a sustentabilidade, o setor da construção civil possui grande responsabilidade em conscientizar a população sobre alternativas que reduzam o consumo energético, pois, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (1995–2018), no Brasil o consumo energético residencial junto ao comercial, representa em torno de 234.103 GWh, o que equivale a aproximadamente 48% de toda a energia consumida no país (EPE, 2018).

A cobertura é a parte da edificação mais exposta à radiação solar, sendo responsável por transmitir grande parte da carga térmica aos ambientes internos, o que eleva a demanda por sistemas de climatização e ventilação artificial, impactando diretamente o aumento do consumo energético e na busca pelo conforto térmico dos usuários (Naranjo *et al.*, 2011).

Para a redução do consumo energético existem inúmeras soluções, sendo uma delas a implantação de sistemas de telhados verdes que proporcionam melhores condições de conforto térmico nas edificações. Com suas primeiras aparições datadas por volta de 600 a.C, na antiga Mesopotâmia, os telhados verdes também conhecidos como coberturas vegetais. Eles podem ser classificados como extensivos, semi-intensivos e intensivos com base em alguns fatores, tais como profundidade do substrato, porte da vegetação, manutenção e custos (Pisello *et al.*, 2015). Os telhados verdes intensivos exigem maior manutenção além de serem mais caros e mais pesados em comparação com outros (Besir e Cuce, 2018). Já os extensivos não possuem peso extra, pois o substrato é mais raso (Coma *et al.*, 2016) e seu custo de manutenção é mais baixo, esta tipologia estará em foco para esta pesquisa.

O telhado verde consiste na aplicação de um revestimento vegetal na cobertura das construções e, ao longo dos estudos, tem apresentado resultados interessantes da atenuação da transmissão de calor para o interior das edificações. Diversos estudos que abordam a importância do telhado verde estão sendo desenvolvidos como uma alternativa no aumento do conforto térmico, na redução do consumo de energia residencial e da transferência de calor da construção, além disso pode proporcionar benefícios estéticos, ambientais e econômicos (Barrio, 1998; Oluwafeyikemi e Julie, 2015; Stocco *et al*., 2015; Khotbehsara, Daemei e Malekjahan, 2019; Hong, Guo e Tang, 2019; Daemei, Eghbali e Khotbehsara, 2019). Em geral, o telhado verde tem cada vez mais se mostrado uma alternativa tecnológica para lidar com desafios urbanos, como a mitigação de ilhas de calor.

Estudos vêm sendo realizados para avaliar o desempenho térmico de coberturas vegetadas, tanto por meio de simulações, utilizando a ferramenta computacional *EnergyPlus* (Cascone *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2019; Ouyang *et al.*, 2022), como por meio de protótipos experimentais (Carneiro *et al.*, 2015; Liz *et al.* 2018; Savi, 2016; Feitosa e Wilkinson, 2018; Kaviski, 2018), de modo a compara-los com outros sistemas de cobertura, e, também, estudar a influência da variação de determinados parâmetros.

Entretanto, apesar dos avanços, dadas as diversas possibilidades de implementação dos telhados verdes, seja por conta dos diferentes tipos de climas, metodologias ou vegetações, persistem lacunas quanto ao entendimento de seu desempenho. Nesse sentido, é essencial aprofundar as

pesquisas que tratem do tema de eficiência térmica em telhados verdes. A revisão sistemática se torna uma ferramenta de valor pois permite compreender as tendências das pesquisas em relação a uma temática específica.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo aplicar a metodologia PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) para oferecer uma visão abrangente sobre o uso de telhados verdes e sua eficiência térmica em estudos experimentais realizados em clima tropical.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A metodologia PRISMA (Itens de relatórios preferenciais para revisões sistemáticas e metanálises) é um protocolo rigoroso para a realização de revisões de literatura, porque ele associa duas metodologias diferentes: revisão de literatura sistemática e a meta-análise (PRISMA, 2025).

A revisão sistemática é um dos métodos possíveis para se fazer uma revisão de literatura e é frequentemente usado por pesquisadores para se obter uma resposta a perguntas de pesquisa bem definidas e precisas (Mishra e Mishra, 2023). Assim, eles tornam as evidências disponíveis mais acessíveis aos tomadores de decisão (Williams *et al.*, 2021). A revisão de literatura por meta-análise seleciona os resultados de peças da literatura e analisa-os utilizando um método estatístico consagrado (Coughlan *et al.*, 2007). Polit e Beck (2006) alegam que as abordagens de meta-análise auxiliam na formulação de inferências e na detecção de padrões e associações entre os resultados, sendo assim é essencial para revisões de literatura que buscam entender tendências de pesquisa.

Esta metodologia é adequada para revisões de literatura, pois segue um procedimento padronizado que possibilita uma revisão de literatura sem vieses, uma vez que sugere diversificação de bases e com uma validade maior das conclusões, pela definição de critérios de seleção bem estabelecidos, reprodutibilidade e sistematização (Ortiz-Martínez, 2019).

O protocolo PRISMA está apresentado na figura 1 na forma de fluxograma.

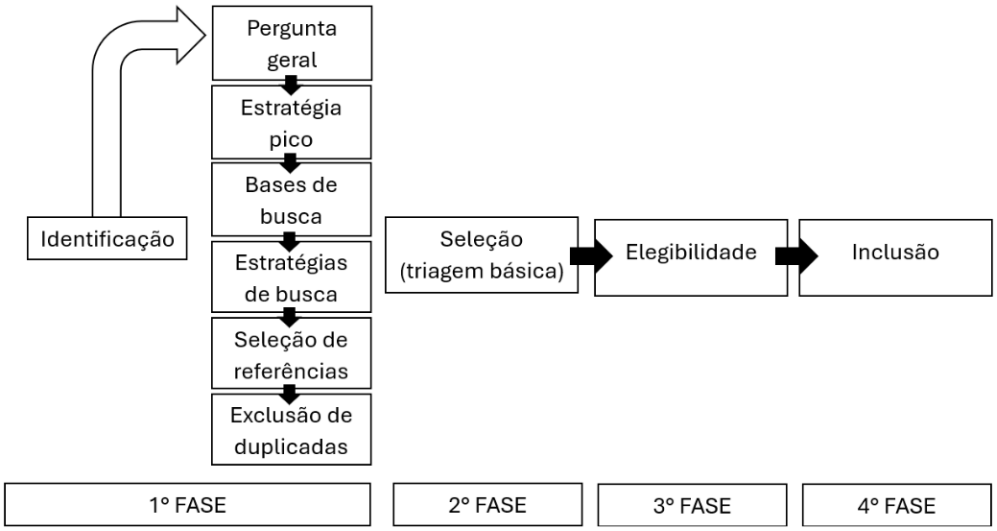



Figura 1: Fluxograma metodologia PRISMA.
Fonte: os autores (2025).

A 1ª fase inicia-se com o processo de identificação a partir da definição de uma pergunta geral. Posteriormente se aplicada a estratégia PICO que se baseia na determinação de uma população (quem foi estudado?), de uma intervenção (o que foi proposto?), de uma comparação das intervenções (a intervenção será comparada com o que?) e de *outcomes* (quais foram os resultados ou efeitos?). Após a aplicação da estratégia PICO devem ser definidas as bases e o período de busca, e as respectivas estratégias, que segundo Kitchenham (2016) devem ser utilizadas diversas formas de abordar o mesmo assunto através dos sinônimos, siglas, variações de grafia, idiomas nacionais e internacionais e até mesmo de termos relacionados, para alcançar uma boa estratégia de busca. Devem utilizar as palavras-chave e seus sinônimos nas *strings* de pesquisa e

articuladores lógicos. Como resposta tem-se a seleção dos artigos e ainda nesta fase devem ser removidas duplicatas com a filtragem dos títulos em planilha Excel. A seleção de referências, ou seja, 2ª fase da metodologia PRISMA, deve ser feita a partir de uma triagem básica, que se refere a uma análise direta dos títulos e resumos. Para a 3ª fase, ou seja, a da elegibilidade, deve ser feita uma análise mais profunda definindo critérios de seleção e exclusão baseado nas definições da estratégia PICO. Sugere-se que estes critérios tenham uma pontuação de modo a ranquear as referências. Por fim, na 4ª fase, devem ser feitas diversas análises de tendências baseando-se nas pontuações nos trabalhos de estudos incluídos na 3ª fase.

## 3. MÉTODO

Para revisão de literatura empregada no presente estudo foi aplicado o protocolo PRISMA apresentado na figura 1.

Durante a 1ª fase foi estabelecida a formulação de uma pergunta. A seguinte pergunta foi definida: "Quais são os impactos da aplicação do sistema de telhado verde no conforto térmico, como alternativa aos sistemas de cobertura convencionais, em termos de temperatura máxima?". Desta forma, as pesquisas selecionadas deveriam analisar comparações entre telhados verdes e convencionais com foco em conforto térmico e temperatura máxima. Nesta fase ainda foi aplicada a estratégia PICO:

a) POPULAÇÃO - Quem foi estudado – Conforto térmico;
b) INTERVENÇÃO - O que foi proposto - Telhados verdes;
c) COMPARAÇÃO - A intervenção é comparada com o que - Telhados convencionais;
d) *OUTCOMES* - Quais resultados ou efeitos - Temperatura máxima;

Foram selecionadas 8 bases para a pesquisa e definido o período de busca de um intervalo entre os anos de 2010 e 2023. Em um primeiro momento, para as pesquisas nacionais, foram feitas buscas na plataforma Google Acadêmico, repositório USP e repositório UFSC usando as palavras-chaves "*temperatura máxima; telhado verde; telhado convencional; conforto térmico*", palavras diretamente relacionadas com a estratégia PICO. Como sinônimos para telhado verde foram usadas variações como "*telhado ecológico*" e "*telhado vegetado*", para conforto térmico foi usada a expressão "*satisfação térmica*" e para telhado convencional foi usado "cobertura convencional". Adicionalmente, foram utilizadas as plataformas para busca de artigos internacionais como Periódicos-CAPES, *Science Direct, Web of Science, scopus, Engineering village e Compendex* para os artigos internacionais, usando as palavras-chave *"green roof; thermal comfort; conventional roof."* e suas respectivas variações. As buscas resultaram em 235 artigos, em seguida foi feita eliminação das duplicatas totalizando 209 artigos. Na 2ª fase, foram eliminados todos os artigos que não avaliaram telhados verdes, para isso, foram lidos os 209 títulos e resumos, restando 166 artigos. Para a elegibilidade da 3ª fase foi feita uma leitura mais aprofundada dos artigos, principalmente na parte de resultados, eliminando os que não tinham relação com a satisfação térmica (eficiência térmica e eficiência energética). Os artigos eliminados em geral abordaram impactos do telhado verde no microclima (mitigação de ilhas de calor) e drenagem urbana. Após este filtro restaram 128 artigos, que foram avaliados individualmente segundo a tabela 1 para completar a 4ª fase.

| | Critérios | Pontuação |
|---|---|---|
| **1** | Telhado verde ou Telhado ecológico x Telhado convencional | 0 a 3 |
| **2** | Satisfação térmica x Telhado verde ou Telhado vivo | 0 a 2 |
| **3** | Telhado Verde x Temperatura interna | 0 a 2 |
| **4** | Conforto térmico x Temperatura máxima | 0 a 1 |
| **5** | Telhado verde x Clima tropical | 0 a 1 |
| **6** | Análise experimental | 0 a 1 |
| **Total** | | 0 a 10 |

Tabela 1: Critérios de pontuação para inclusão.
Fonte: os autores (2025).

A seleção dos critérios de filtro adotados nesta revisão de literatura teve como principal objetivo alinhar as buscas bibliográficas com os parâmetros da pesquisa experimental futura. Foram priorizados estudos experimentais que comparam telhados verdes e convencionais, realizados em clima tropical, a fim de garantir maior relevância climática e metodológica. Além disso, focou-se em trabalhos que abordam conforto térmico, temperatura interna e satisfação térmica, uma vez que o experimento envolverá medições internas com sensores, buscando avaliar a eficácia do telhado verde na mitigação térmica em condições reais de uso. Por fim, os artigos com nota acima de 9, em um total de 38 artigos, foram utilizados para análise de tendências. O fluxograma da figura 2 mostra a sequência e um resumo dos resultados das fases de 1 a 4.

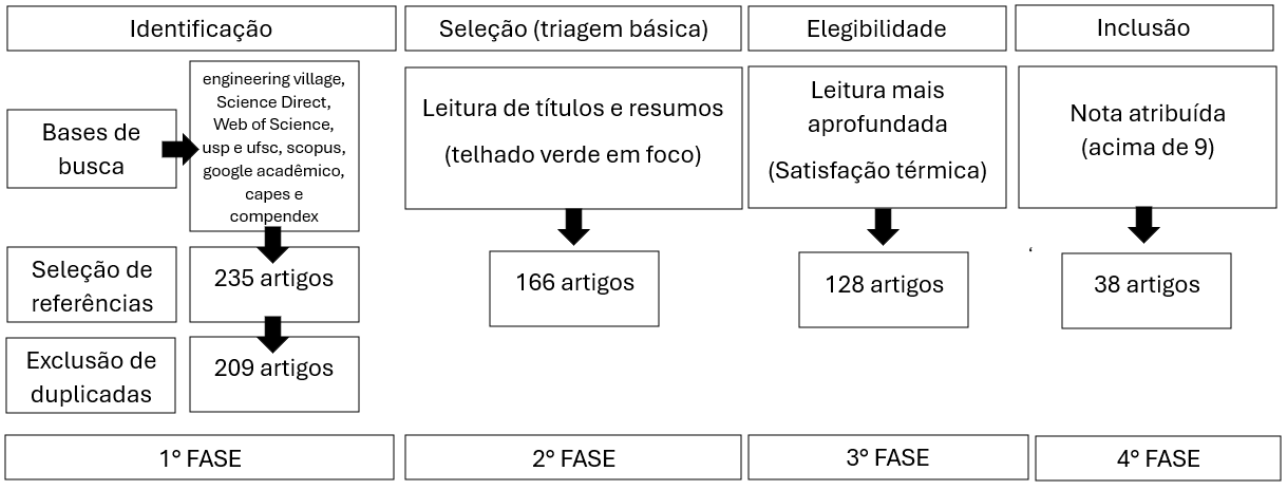
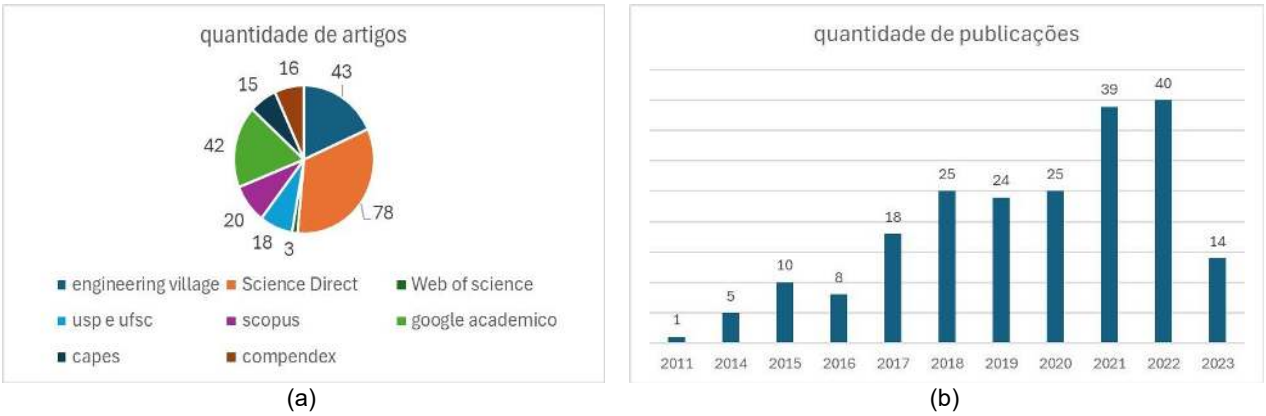



Figura 2: Fluxograma das fases realizadas no estudo e seus resultados.
Fonte: os autores (2025).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como primeiro resultado, apresenta-se uma relação entre os 235 artigos coletados na 1ª fase e suas respectivas bases de dados, conforme ilustrado na Figura 3a. Observa-se que as bases com maior quantidade de artigos relacionados a telhados verdes foram *ScienceDirect* (78 artigos) e *Engineering village* (43 artigos), enquanto a que apresentou o menor número foi a Web of Science. Já a Figura 3b mostra o quantitativo de artigos por ano de publicação após a remoção das duplicatas, que foram 209 artigos. Apesar das variações nos padrões de publicação ao longo do tempo, percebe-se uma tendência de crescimento significativo no número de estudos sobre o tema, especialmente quando se comparam os anos iniciais do recorte temporal adotado com os anos mais recentes. O maior quantitativo foi nos anos de 2021 e 2022, sendo aproximadamente 40 artigos em cada ano, comparando-se com o ano de menor quantitativo de 2011, com menos de 5 artigos.




(a) (b)

Figura 3: (a) Artigos separados por base (235 artigos); (b) Artigos separados por ano de publicação.
Fonte: os autores (2025) (209 artigos).

Na 2ª fase durante a triagem foram excluídos 43 artigos que, embora mencionassem palavras-chave relevantes, como 'conforto térmico', não apresentavam qualquer relação direta ou indireta com o tema central da pesquisa, que é o telhado verde. Essa etapa teve como objetivo refinar o conjunto de estudos selecionados, garantindo que apenas os artigos alinhados com o escopo da investigação fossem mantidos para análise posterior.

A aplicação do filtro da 3ª fase foi de suma importância para a eliminação de artigos que não abordavam a eficiência térmica, uma vez que as pesquisas relacionadas aos telhados verdes podem ter diversas abordagens, como hídrica, microclimática e até mesmo social, além disso pesquisas que não possuíam dados próprios de satisfação térmica, como revisões de literatura, também foram eliminadas, resultado um total de 128 artigos.

Estes 128 artigos foram pontuados na 4ª fase, e apenas aqueles com nota superior a 9 foram selecionados para uma análise mais aprofundada. A aplicação da metodologia PRISMA demonstrou-se altamente eficaz para uma triagem imparcial dos artigos relacionados ao tema, permitindo, assim, uma revisão de literatura mais precisa e confiável.

Restaram para análise detalhada 38 artigos, nos quais 56,8% são nacionais e 43,2% internacionais. Apesar de mais da metade serem nacionais, o Brasil como país continental possui diversos climas o que evidencia que filtrar apenas por país pode não ser a melhor solução para estabelecer parâmetros climáticos similares.

Para verificação final da eficácia da metodologia prisma, foram analisadas as porcentagens de artigos (tabela 2) que abordavam cada um dos critérios mostrados na tabela 1.

| Critérios | Porcentagem de artigos | Critério Não Cumprido |
|---|---|---|
| 1: Telhado verde ou Telhado ecológico x Telhado convencional | 100% | - |
| 2: Satisfação térmica x Telhado verde ou Telhado vivo | 100% | - |
| 3: Telhado Verde x Temperatura interna | 90% | Temperatura superficial. |
| 4: Conforto térmico x Temperatura máxima | 92% | Não abordava explicitamente se era a máxima ou não. |
| 5: Telhado verde x Clima tropical | 34% | Mediterrâneo, semiárido, subtropical e temperado. |
| 6: Análise experimental x Análise teórica | 92% | Simulação |

Tabela 2: Cumprimento de critérios.
Fonte: os autores (2025).

Os dois primeiros critérios de pontuação, ou seja, a comparação entre telhados verdes e telhados convencionais e a associação entre satisfação térmica e telhados verdes, foram plenamente atendidos pelos 38 artigos analisados na quarta fase, alcançando 100% de conformidade como mostrado na tabela 2. Esse resultado pode ser atribuído à aplicação rigorosa dos filtros nas fases anteriores da metodologia PRISMA, em especial na seleção e elegibilidade, que garantiram a aderência dos estudos ao escopo definido pela estratégia PICO. Dessa forma, a efetividade da triagem inicial contribuiu significativamente para a qualidade do conjunto final de estudos analisados.

No que se refere ao terceiro critério, que avalia a relação entre telhados verdes e temperatura interna, observou-se que 90% dos artigos atenderam a este aspecto, como Dos Santos *et al.* (2019) e Meng *et al.* (2022). A pequena parcela de 10% restante tratou predominantemente de temperatura superficial, o que embora relevante, não corresponde diretamente ao impacto térmico percebido no ambiente interno das edificações, He *et al.* (2020) e Perussi (2016), por exemplo, não atenderam ao requisito. Ainda assim, a alta taxa de conformidade demonstra que a maior parte dos estudos selecionados está alinhada com o objetivo da revisão, reforçando a assertividade da metodologia aplicada.

O quarto critério, que considera o cruzamento entre conforto térmico e temperatura máxima, também apresentou um alto índice de conformidade, com 92% dos artigos abordando explicitamente essa relação como Costa *et al.* (2018), Cardoso e Vecchia (2014) e Krüger *et al.* (2019). Os poucos casos em que o critério não foi atendido referem-se a estudos que tratavam do conforto térmico de forma geral, sem especificar a variação de temperatura máxima como parâmetro de análise (CARDOSO *et al.*, 2022). Apesar disso, a expressiva taxa de atendimento indica uma coerência metodológica na seleção dos estudos em função do foco principal da pesquisa.

Em relação ao quinto critério, a análise do desempenho de telhados verdes em clima tropical, verificou-se uma significativa lacuna na literatura. Apenas 34% dos artigos contemplam diretamente esse contexto climático como Mungur *et al.* (2020) e Chowdhury *et al.* (2017), sendo a maioria concentrada em regiões de clima mediterrâneo, subtropical, semiárido ou temperado, por exemplo, respectivamente, López-Silva *et al.* (2022), Peng e Jim (2015), Ávila-Hernández *et al.* (2020) e Varvarã *et al.* (2015). A extrapolação de dados oriundos de regiões temperadas para realidades tropicais apresenta limitações importantes, sobretudo em relação à intensidade da radiação solar, padrões de umidade e regimes de precipitação. Assim, torna-se essencial reconhecer que os resultados obtidos em outras zonas climáticas nem sempre são aplicáveis diretamente ao contexto brasileiro. Além disso, destaca-se a necessidade de mais estudos experimentais desenvolvidos no Brasil, país marcado por grande diversidade climática e urbanização acelerada, fatores que exigem soluções específicas e baseadas em evidências locais para o enfrentamento das ilhas de calor urbanas e da ineficiência térmica nas edificações.

Há, também, grandes discrepâncias nas diretrizes dos projetos. Em clima tropical incluem a seleção de espécies vegetais nativas e resistentes à alta radiação solar, uso de substratos com boa capacidade de retenção hídrica e drenagem eficiente, além da consideração da orientação solar e ventilação natural para maximizar o desempenho térmico. Em contraste, em climas temperados, prioriza-se a resistência das espécies a geadas e baixas temperaturas; em regiões áridas, o foco recai sobre plantas com alta tolerância à seca e substratos com mínima evaporação; já em climas subtropicais, as soluções geralmente combinam estratégias de sombreamento e drenagem sazonal, dada a alternância entre períodos úmidos e secos.

Por fim, o critério que diferencia análises experimentais de análises numéricas apresentou 92% de conformidade. A maioria dos artigos que não atenderam ao critério utilizou metodologias baseadas em simulações computacionais, como o *software* EnergyPlus, foram eles: Dominique *et al.* (2013), Razzaghmanesh *et al.* (2016) e Cardoso *et al.* (2022). Essa predominância reforça a validade dos resultados obtidos, visto que a combinação de diferentes abordagens metodológicas fortalece a confiabilidade das conclusões quanto ao desempenho térmico dos sistemas analisados. Dos 235 artigos iniciais, apenas 14 atenderam todos os critérios estipulados.

Destes artigos, é válido citar o estudo de Silva e Barbosa (2021) como um exemplo notável em clima tropical, uma vez que analisou experimentalmente o comportamento térmico de telhados verdes nas estações úmida e seca em Arapiraca-AL, região de clima tropical com estação seca de verão (AS segundo Köppen-Geiger). Utilizando células-teste com telhado verde e telha cerâmica, os autores monitoraram as temperaturas superficiais internas e externas por meio de imagens termográficas, revelando que o telhado verde respondeu mais lentamente à radiação solar e manteve menores temperaturas internas durante o dia, especialmente no período úmido, sugerindo o papel da umidade no substrato como moderador térmico. O desempenho térmico foi significativo, com uma redução máxima da temperatura interna de 7 °C e média de 3,2 °C em relação à cobertura cerâmica. Complementarmente, o estudo de Cardoso e Vecchia (2014), realizado na região Sudeste do Brasil em um dia experimental típico de calor, utilizou sensores distribuídos vertical e horizontalmente nas células-teste para avaliar a distribuição espacial da temperatura. Os resultados demonstraram que o telhado verde leve (LGR) proporcionou maior homogeneidade térmica e menores amplitudes de temperatura interna em comparação à cobertura cerâmica, com abatimento térmico máximo de 4,72 °C e média de 3,3 °C. Ambos os trabalhos, com metodologias robustas e distintas escalas de detalhamento, reforçam a eficácia dos telhados verdes como solução bioclimática para a mitigação do calor em diferentes regiões tropicais do Brasil. Em relação aos resultados encontrados nos 38 artigos, o intervalo de redução de temperatura foi bem amplo. No

que se refere a máxima redução de temperatura interna, obteve um intervalo entre 0.8 e 23.7°C, o que evidencia a diversidade de resultados obtidos na literatura. Já pensando em redução média, os resultados foram mais semelhantes variando entre 0.19 e 3.7°C, mostrando que, apesar de em diversos momentos de pico de temperatura o telhado verde ser um grande mitigador térmico, em situações médias ele possui um padrão de mitigação relativamente baixo, porém suficiente para garantir o conforto térmico do ambiente construído.

## 5. CONCLUSÃO

Este artigo teve como base o mapeamento bibliográfico, aspecto importante em toda pesquisa científica, pois delimita as fronteiras do conhecimento já produzido sobre determinado tema. Nesta pesquisa optou-se pelo modelo de revisão sistemática denominado protocolo PRISMA aplicado ao tema de desempenho térmico dos telhados verdes em relação aos telhados convencionais. As pesquisas realizadas permitiram um maior aprofundamento do tema sob a ótica de diversos autores, quer seja sob a própria evidência do tema, aporte teóricos e metodológicos, procedimentos e análises que podem ser reproduzidas e apontam lacunas importantes para pesquisas futuras.

O uso do protocolo PRISMA garantiu a consistência, transparência e integridade para realização da revisão sistemática. As fases foram realizadas com clareza quanto ao percurso e os critérios adotados. Os resultados foram consistentes e permitiram discussões de grande relevância.

A contribuição do trabalho foi a validação do uso do protocolo PRISMA que pode facilitar a tomada de decisões baseada em evidências, pois se mostrou um processo preciso, transparente e completo.

Além da validação metodológica, os achados desta revisão evidenciam uma consolidação crescente do tema "telhados verdes" na literatura científica, especialmente em relação à sua contribuição para o conforto térmico e à redução da temperatura máxima interna das edificações. A análise dos 38 artigos mais relevantes permitiu identificar padrões de resultados e abordagens que reforçam a eficiência desse tipo de cobertura em comparação com soluções convencionais, principalmente em contextos urbanos densamente ocupados. Assim, reforça-se o potencial dos telhados verdes como estratégia sustentável de mitigação de ilhas de calor e melhoria da qualidade ambiental urbana.

No entanto, a revisão também permitiu identificar fragilidades importantes, como a escassez de estudos voltados especificamente ao desempenho térmico de telhados verdes em clima tropical. Esta lacuna representa uma limitação no estado atual do conhecimento e evidencia a necessidade de ampliar as investigações em contextos mais diversos, especialmente em países com grande representatividade nesse tipo de clima, como o Brasil. A heterogeneidade climática nacional impõe desafios específicos que ainda não estão suficientemente contemplados nas pesquisas analisadas, limitando a aplicabilidade direta dos resultados obtidos em outros contextos.

Com base nas lacunas identificadas na literatura e na diversidade metodológica dos estudos analisados, sugerem-se quatro direções principais para pesquisas futuras. Primeiramente, recomenda-se a elaboração de uma tabela comparativa entre os artigos revisados, contendo colunas como local do estudo, tipo de clima, tipologia do telhado verde, variação de temperatura interna e metodologia empregada (experimental ou simulação). Essa abordagem facilitaria a identificação de padrões e permitiria comparações mais sistemáticas entre contextos climáticos distintos. Em segundo lugar, destaca-se a necessidade de aprofundamento em estudos realizados em regiões tropicais que considerem variáveis ambientais críticas, como a umidade relativa elevada e a radiação solar intensa, pouco abordadas de forma integrada. Em terceiro lugar, seria relevante incorporar uma seção de discussão sobre os principais mecanismos térmicos observados nos telhados verdes, como isolamento térmico, inércia térmica do substrato e evapotranspiração, analisando sua atuação diferenciada conforme o clima local. Por fim, sugere-se a criação de uma tabela-resumo dos artigos analisados, complementada por um gráfico ou mapa que represente a distribuição geográfica dos estudos, por tipo climático e continente. Sempre que possível, recomenda-se a inclusão de representações visuais que comparem a eficiência térmica entre

diferentes sistemas de cobertura vegetal, com base em dados empíricos de estudos selecionados. Tais ações poderão contribuir significativamente para a consolidação de diretrizes projetuais mais precisas e climática e ecologicamente adaptadas.

## REFERÊNCIAS


ÁVILA-HERNÁNDEZ, A.; SIMÁ, E.; XAMÁN, J.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, I.; TÉLLEZ-VELÁQUEZ, E., CHAGOLLA-ARANDA, M. A. Test box experiment and simulations of a green-roof: Thermal and energy performance of a residential building standard for Mexico. **Energy and Buildings**, v. 209, p. 109709, 2020.

BESIR, A. B., CUCE, E. Green roofs and facades: A comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 915-939, 2018.

CARDOSO, G. T.; VECCHIA, F. Comparison of thermal performance between test cells with different coverage systems for experimental typical day of heat in Brazilian Southeastern. **Frontiers of Architectural Research**, v. 3, n. 3, p. 271-282, 2014.

CARDOSO, V. C.; LOURO, G. S.; STROKE, A. A.; ASSUMPÇÃO, I. M.; BRIGAGÃO, G. V.; DA CONTA, B. B. Evaluation of a Green Roof for Heat Mitigation in a Building Located in a City with a Hot and Humid Climate. In: **Materials Science Forum**. Trans Tech Publications Ltd, p. 169-174. 2022.

CARNEIRO, T. A., GUISELINI, C., PANDORFI, H., LOPES, J. P., LOGES, V., & SOUZA, R. F. D. Condicionamento térmico primário de instalações rurais por meio de diferentes tipos de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 11, p.1086-1092, 2015.

CASCONE, S., GAGLIANO, A., POLI, T., SCIUTO, G. Thermal performance assessment of extensive green roofs investigating realistic vegetation-substrate configurations. **Building Simulation**. Tsinghua University Press, v. 12, n., p. 379-393, 2019.

CHOWDHURY, S.; HAMADA, Y.; AHMED, K. S. Indoor heat stress and cooling energy comparison between green roof (GR) and non-green roof (n-GR) by simulations for labor intensive factories in the tropics. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 6, n. 2, p. 449-462, 2017.

COMA, J., PÉREZ, G., SOLÉ, C., CASTELL, A., CABEZA, L. F. Thermal assessment of extensive green roofs as passive tool for energy savings in buildings. **Renewable energy**, v.85, p. 1106-1115, 2016.

COSTA, S. P.; PINHEIRO, S. C.; CAPOBIANGO, L. C. **Análise de variação de temperatura e umidade em protótipos de telhado verde e telha cerâmica em Manaus**. 2018.

COUGHLAN, M., CRONIN, P., RYAN, F. Step-by-step guide to critiquing research. Part 1: quantitative research. **British journal of nursing**, v. 16, n. 11, p. 658-663, 2007.

DAEMEI, A. B.; EGHBALI, S. R.; KHOTBEHSARA, E. M. Bioclimatic design strategies: A guideline to enhance human thermal comfort in Cfa climate zones. **Journal of Building Engineering**, v. 25, p. 100758, 2019.

DOMINIQUE, M.; TIANA, R. H.; FANOMEZANA, R. T.; LUDOVIC, A. A. Thermal behavior of green roof in Reunion Island: Contribution towards a net zero building. **Energy Procedia**, v. 57, p. 1908-1921, 2014.

DOS SANTOS, S. M.; SILVA, J. F. F.; DOS SANTOS, G. C.; DE MACEDO, P. M. T.; GAVAZZA, S. Integrating conventional and green roofs for mitigating thermal discomfort and water scarcity in urban areas. **Journal of cleaner production**, v. 219, p. 639-648, 2019.

FEITOSA, R. C.; WILKINSON, S. J. Attenuating heat stress through green roof and green wall retrofit. **Building and Environment**, v. 140, p. 11-22, 2018.

HAMDI, R., SCHAYES, G. Sensitivity study of the urban heat island intensity to urban characteristics. International Journal of Climatology: **A Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 28, n. 8, p. 973-982, 2008.

HE, Y.; YU, H.; OZAKI, A.; DONG, N. Thermal and energy performance of green roof and cool roof: A comparison study in Shanghai area. **Journal of Cleaner Production**, v. 267, p. 122205, 2020.

HONG, W.; GUO, R.; TANG, H. Potential assessment and implementation strategy for roof greening in highly urbanized areas: A case study in Shenzhen, China. Cities, v. 95, p.102468, 2019.

KAVISKI, F**. Desempenho térmico de cobertura vegetada sobre guarita de fibra de vidro exposta a diferentes condições climáticas em Curitiba**. Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

KHOTBEHSARA, E. M.; DAEMEI, A. B.; MALEKJAHAN, F. A. Simulation study of the eco green roof in order to reduce heat transfer in four different climatic zones. **Results in Engineering**, v. 2, p. 100010, 2019.

KITCHENHAM, B. A., BUDGEN, D., & BRERETON, P. Evidence-based software engineering and systematic reviews. **CRC press**, 2015.

KRÜGER, E. L.; KAVISKY, F.; DI NUBILA, C.; TAMURA, C.; DRACH, P. Green roof retrofitting of a lightweight security booth under subtropical conditions. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 43, p. 126361, 2019.

LI, H., ZHOU, Y., WANG, X., ZHOU, X., ZHANG, H., SODOUDI, S. Quantifying urban heat island intensity and its physical mechanism using WRF/UCM. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 3110-3119, 2019.

LÓPEZ-SILVA, D. V.; MÉNDEZ-ALONZO, R.; SAUCEDA-CARVAJAL, D.; SIGALA-MEZA, E.; ZAVALA-GUILLÉN, I. Experimental comparison of two extensive green roof designs in Northwest Mexico. **Building and Environment**, v. 226, p. 109722, 2022.

MENG, E.; YANG, J.; CAI, R.; ZHOU, B.; WANG J. Experimental comparison of summer thermal performance of green roof (GR), double skin roof (DSR) and cool roof (CR) in lightweight rooms in subtropical climate. **Journal of Building Physics**, v. 45, n. 6, p. 809-832, 2022.

MISHRA, V., MISHRA, M. P. PRISMA for review of management literature–method, merits, and limitations–an academic review. **Advancing Methodologies of Conducting Literature Review in Management Domain**, p. 125-136, 2023.

MUNGUR, M.; POORUN, Y.; JUGGURNATH, D.; RUHOMALLY, Y. B.; RUGHOOPUTH, R.; DAUHOO, M. Z.; ...; FACKNATH, S. A numerical and experimental investigation of the effectiveness of green roofs in tropical environments: The case study of Mauritius in mid and late winter. **Energy**, v. 202, p. 117608, 2020.

NARANJO, A.; MARINOSKI, D. L.; BATISTA, J. O.; CARLO, J. C.; ABREU, A. L. P.; GHISI, E. LAMBERTS, R. **Desempenho térmico das edificações. Florianópolis,** 2011. 196 P.

OLUWAFEYIKEMI, A., & JULIE, G. Evaluating the impact of vertical greening systems on termal comfort in low income residences in Lagos, Nigeria. **Procedia Engineering**, 118, 420-433 2015.

ORTIZ-MARTÍNEZ, V. M., ANDREO-MARTINEZ, P., GARCIA-MARTINEZ, N., DE LOS RÍOS, A. P., HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, F. J., QUESADA-MEDINA, J. Approach to biodiesel production from microalgae under supercritical conditions by the PRISMA method. **Fuel processing technology**, v. 191, p. 211-222, 2019.

OUYANG, W., SINSEL, T., SIMON, H., MORAKINYO, T. E., LIU, H., NG, E. Evaluating the thermal-radiative performance of ENVI-met model for green infrastructure typologies: Experience from a subtropical climate. **Building and Environment**, v. 207, p. 108427, 2022.

PERUSSI, R. **Comportamento térmico de um sistema de cobertura verde**: um experimento utilizando plataformas de teste. 2016.

PENG, L. L.; JIM, C. Y. Seasonal and diurnal thermal performance of a subtropical extensive green roof: The impacts of background weather parameters. **Sustainability**, v. 7, n. 8, p. 11098-11113, 2015.

PISELLO, A. L., PISELLI, C., COTANA, F. Thermal-physics and energy performance of na innovative green roof system: The Cool-Green Roof**. Solar Energy**, v. 116, p. 337-356, 2015.

POLIT, D. F.; BECK, C. T. The content validity index: are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. **Research in nursing & health**, v. 29, n. 5, p.489-497, 2006.

PRISMA. **The PRISMA 2020 Checklist and flow diagram. 2022.** Disponível em: https://prisma-statement.org/. Acesso em: 25 mar. 2025.

RAJI, B., TENPIERIK, M. J., VAN DEN DOBBELSTEEN, A. The impact of greening systems on building energy performance: A literature review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 610-623, 2015.

SAVI, T., DAL BORGO, A., LOVE, V. L., ANDRI, S., TRETIACH, M., & NARDINI, A. Drought versus heat: What's the major constraint on Mediterranean green roof plants? **Science of the total environment**, v. 566, p. 753-760, 2016.

SILVA, W. S.; BARBOSA, R. V. Comportamento térmico de telhado verde nas estações úmida e seca em clima tropical. Encontro nacional de conforto no ambiente construído. **Anais..** v. 16, p. 811-820, 2021.

STOCCO, S.; CANTÓN, M. A.; CORREA, E. N. Design of urban green square in dry areas: Thermal performance and comfort. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 14, n. 2, p.323-335, 2015.

UNITED NATIONS. **World urbanization prospects**: the 2018 revision**,** highlights (ST/ESA/SER.A/352). New York: Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2018.

VARVARĂ, M. S.; KÖHLER, M.; VOEVOD, M.; DÎRJA, M. **Study regarding temperature differences between a traditional roof and green roof**. 2015.

WANG, Y., NI, Z., CHEN, S. XIA, B. Microclimate regulation and energy saving potential from different urban green infrastructures in a subtropical city. **Journal of cleaner production**, v. 226, p. 913-927, 2019.

WILLIAMS JR, R. I., CLARK, L. A., CLARK, W. R., RAFFO, D. M. Re-examining systematic literature review in management research: Additional benefits and execution protocols. **European management journal**, v. 39, n. 4, p. 521-533, 2021.