Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.06,2024

ISSN 2178-6925

EFICIÊNCIA DE TELHADOS VERDES NOS CENTROS URBANOS: UMA ABORDAGEM ANALÍTICA

EFFICIENCY OF GREEN ROOFS IN URBAN CENTERS: AN ANALYTICAL APPROACH

Rafael Franco da Silva
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1339-2595
Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Gurupi - UnirG
Gurupi/TO, Brasil
E-mail: eng.rafaelfrancodasilva@gmail.com

Patrick Peres Oliveira
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6913-650X
Engenheiro Civil e Mestre em Ciências Florestais e Ambientais
Professor do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Gurupi - UnirG
Gurupi/TO, Brasil
E-mail: patrick@unirg.edu.br

Resumo

O uso de telhados verdes nos centros urbanos tem sido amplamente estudado devido à sua capacidade de mitigar os efeitos adversos do ambiente construído. Esta revisão de literatura aborda a eficiência dos telhados verdes na redução das temperaturas urbanas e no consumo de energia elétrica, bem como suas vantagens em geral. Estudos recentes têm demonstrado que os telhados verdes são eficazes na redução das temperaturas urbanas, agindo como reguladores térmicos naturais que ajudam a mitigar o fenômeno das ilhas de calor. Ao absorver a radiação solar e evapotranspirar água, os telhados verdes reduzem a temperatura do ar e aumentam a umidade relativa, proporcionando um microclima mais confortável e saudável para os habitantes urbanos. Além disso, os telhados verdes demonstraram ser eficientes na redução do consumo de energia elétrica em edifícios urbanos. Ao fornecer isolamento térmico adicional, os telhados verdes reduzem a necessidade de resfriamento artificial durante os meses quentes, resultando em economia de energia e redução das emissões de gases de efeito estufa. As vantagens dos telhados verdes não se limitam apenas à mitigação climática e à economia de energia; eles também oferecem benefícios adicionais, como aumento da biodiversidade, melhoria da qualidade do ar, absorção de poluentes atmosféricos e aumento da vida útil do telhado. Portanto, a adoção de telhados verdes nos centros urbanos emerge como uma estratégia sustentável e multifacetada para enfrentar os desafios ambientais e climáticos das áreas urbanas contemporâneas.

Palavras-chave: sustentabilidade; urbanização; eficiência; temperatura; cobertura verde.

ISSN 2178-6925

Abstract

The use of green roofs in urban centers has been widely studied due to their ability to mitigate the adverse effects of the built environment. This literature review addresses the efficiency of green roofs in reducing urban temperatures and electricity consumption, as well as their overall advantages. Recent studies have demonstrated that green roofs are effective in reducing urban temperatures, acting as natural thermal regulators that help mitigate the phenomenon of heat islands. By absorbing solar radiation and evapotranspiring water, green roofs decrease air temperature and increase relative humidity, providing a more comfortable and healthy microclimate for urban inhabitants. Additionally, green roofs have been shown to be efficient in reducing electricity consumption in urban buildings. By providing additional thermal insulation, green roofs reduce the need for artificial cooling during the hot months, resulting in energy savings and reduced greenhouse gas emissions. The benefits of green roofs are not limited to climate mitigation and energy savings; they also offer additional advantages, such as increased biodiversity, improved air quality, absorption of atmospheric pollutants, and increased roof lifespan. Therefore, the adoption of green roofs in urban centers emerges as a sustainable and multifaceted strategy to address the environmental and climatic challenges of contemporary urban areas.

Keywords: Sustainability; Urbanization; Efficiency; Temperature; Green roof.

1. INTRODUÇÃO

A crescente urbanização, de maneira desordenada, tem contribuído, consideravelmente, para o aumento de áreas impermeabilizadas e o uso inadequado dos solos nos grandes centros urbanos, resultando em interferências ligadas à ocorrência de inundações, em virtude das baixas taxas de absorção pluvial.

Além disso, ações como a substituição de áreas verdes por superfícies impermeáveis, como asfalto e concreto, associadas à emissão de calor proveniente de veículos, industrias e sistemas de climatização, tem favorecido de forma significativa, a elevação térmica nos perímetros urbanos, dado que a densidade de edifícios e a escassez de vegetação limitam a evapotranspiração, um processo natural que resfria o ambiente.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – EPA (2022), as temperaturas em áreas urbanas podem ser até 7,2°C mais altas do que nas áreas rurais circundantes. Ademais, o aumento das temperaturas urbanas

ISSN 2178-6925

eleva significativamente o consumo de energia devido à maior demanda por ar-condicionado e refrigeração.

Dados da International Energy Agency – IEA (2021) indicam que a demanda por energia elétrica para resfriamento em edifícios cresceu cerca de 25% na última década em áreas urbanas densamente povoadas. Essas evidências sublinham a necessidade urgente de estratégias de planejamento urbano sustentável para mitigar esses efeitos adversos.

Diante de tais circunstâncias, surge a busca por alternativas inovadoras e sustentáveis. Nesse contexto, os telhados verdes emergem como uma solução promissora, dado que oferecem diversas vantagens, como a mitigação do efeito das ilhas de calor urbanas e a melhoria do microclima. Além disso, contribuem para a redução do consumo de energia, a criação de novos ecossistemas e habitats para várias espécies, promovem o desenvolvimento da agricultura urbana e o aprimoramento do paisagismo e da arborização nas cidades.

Considerando o referido panorama, a presente discussão busca abordar a aplicabilidade técnica dos telhados verdes e seus benefícios associados ao desempenho ambiental e econômico, bem como sua respectiva viabilidade técnica e incentivo nos centros urbanos.

2. METODOLOGIA

O projeto de pesquisa, em questão, busca realizar uma revisão de literatura, por meio de análise explicativa, qualitativa e descritiva, à qual pretende expor informações, bases e argumentos provenientes da utilização dos telhados ecológicos e os seus usos na construção civil.

Tal procedimento caracteriza-se como fundamental, visto que a revisão de literatura consiste em elemento primordial para a escrita de um texto científico, independentemente do gênero: uma tese, uma dissertação, um projeto ou a escrita de um artigo científico de revisão.

Sobre essa temática, Noronha e Ferreira (2000), ao apresentarem uma análise da produção bibliográfica, enfatizam a questão da temporalidade nas áreas temáticas, podendo assim fornecer um estado da arte sobre um tópico específico, evidenciando, dessa forma, novas ideias, métodos com maior ou menor evidência na literatura especializada.

ISSN 2178-6925

Para identificar os artigos relevantes, foram realizadas buscas em diversas plataformas acadêmicas, incluindo Google Acadêmico, Scielo e Web of Science. A seleção de palavras-chave foi cuidadosamente elaborada para garantir a abrangência e a especificidade da pesquisa, considerando os termos mais relevantes dentro do escopo do tema.

As buscas foram conduzidas utilizando combinações de termos relacionados ao assunto de interesse. Além disso, foram exploradas as referências bibliográficas dos artigos selecionados para identificar estudos adicionais que pudessem enriquecer a análise.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Contexto histórico

Os telhados verdes, ou coberturas ajardinadas, possuem uma rica história que remonta às civilizações antigas, especialmente na região da Mesopotâmia (PAZ, 2022). Os Jardins Suspensos da Babilônia, frequentemente citados como um dos primeiros exemplos de telhados verdes, foram supostamente construídos no século VI a.C. pelo rei Nabucodonosor II para sua esposa Amytis, recriando as paisagens verdes de sua terra natal (MANN, 2020).

No âmbito moderno, a popularidade dos telhados verdes cresceu significativamente na Europa do século XX, particularmente na Alemanha, onde movimentos ambientalistas dos anos 1960 promoveram práticas sustentáveis na construção civil, incentivando seu uso para combater as ilhas de calor urbanas e melhorar a gestão das águas pluviais (OBERNDORFER et al., 2020).

No contexto brasileiro, a adoção de telhados verdes tem experimentado um crescimento progressivo. O pioneirismo nesse campo foi observado em Pedra Azul, no ano de 1998, localizada em Domingos Martins, no estado do Espírito Santo (LOYOLA, 2011).

No entanto, a disseminação mais ampla dos telhados verdes no Brasil tem sido notada principalmente no estado do Rio Grande do Sul, onde há uma presença significativa de empresas especializadas nessa técnica, facilitado pela elevada influência da cultura alemã nessa região e capacidade de proporcionar uma regulação mais eficaz da temperatura nas residências, especialmente

ISSN 2178-6925

considerando as condições climáticas mais frias nos estados do sul do país (SANTOS, 2017).

O crescimento dos telhados verdes no século XXI é amplamente sustentado por pesquisas científicas recentes que destacam seus múltiplos benefícios ambientais e econômicos. Estudos recentes indicam que telhados verdes contribuem para a redução das temperaturas urbanas, melhoria da qualidade do ar, aumento da biodiversidade e isolamento térmico, resultando em economia de energia (ZHANG et al., 2021).

A capacidade dos telhados verdes de reter águas pluviais desempenha um papel fundamental na mitigação de enchentes em áreas urbanas. A adoção desses telhados tem experimentado uma expansão global, o que reflete uma tendência crescente de incorporar soluções baseadas na natureza para abordar os desafios ambientais urbanos contemporâneos (NGAN, 2018; SOUSA et al., 2021a).

3.2 Classificação e componentes

A estrutura e composição dos telhados verdes são elementos fundamentais para garantir sua eficácia e durabilidade. Segundo Zhang et al. (2021), a estrutura básica de um telhado verde consiste em várias camadas, incluindo uma camada de impermeabilização para proteger a estrutura do edifício contra a infiltração de água, uma camada de drenagem para gerenciar o escoamento pluvial e evitar o acúmulo de água, um substrato para o crescimento das plantas e uma camada de vegetação, de modo que é preciso levar em consideração fatores como capacidade de retenção de água, peso, resistência mecânica e permeabilidade ao ar e à água.

Além disso, conforme destacado por Li et al. (2020), a composição do substrato é um aspecto crítico na sustentação e no desenvolvimento saudável das plantas no telhado verde, visto que substrato adequado deve oferecer suporte estrutural, fornecer nutrientes às plantas e garantir uma boa drenagem, promovendo assim o crescimento vegetal e a resiliência do sistema.

Tassi et al. (2014), por meio de investigações, proporcionam uma compreensão dos elementos constituintes dos telhados verdes, os quais são recomendados para aplicação em residências urbanas, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Elementos necessários para a composição do telhado verde

ISSN 2178-6925

Componentes	Descrição
Camada de vegetação	A seleção da camada de vegetação deve ser orientada pelas características climáticas específicas da região. Esta vegetação exerce um papel fundamental na interceptação de parte da precipitação pluvial, prevenindo sua incidência direta sobre o solo. Mediante o processo de evapotranspiração, a água é transferida para a atmosfera, contribuindo para a ampliação da capacidade de retenção hídrica no substrato. Ademais, a presença de vegetação retarda o escoamento superficial, que se inicia quando o substrato atinge sua capacidade de saturação.
Substrato	É constituído pela camada de solo, a qual atua como base para o enraizamento da vegetação, fornecendo água e nutrientes essenciais para o seu desenvolvimento. Esta camada desempenha um papel fundamental ao funcionar como um reservatório temporário de água durante períodos de precipitação.
Geotêxtil	Trata-se de uma camada filtrante que separa as camadas de vegetação e substrato da camada de drenagem. Sua função é prevenir o deslocamento de partículas do substrato para a camada de drenagem, evitando assim a diminuição da eficiência do telhado verde.
Camada de drenagem	Em telhados quase horizontais, como os telhados verdes, a presença de uma camada de drenagem é essencial para prevenir inundações indesejadas e evitar o estresse hídrico nas plantas. Ademais, esta camada de drenagem contribui para a retenção parcial da água pluvial, garantindo a disponibilidade hídrica necessária para a vegetação durante períodos de seca.
Camada protetora	Seu objetivo é reter a umidade e os nutrientes na estrutura do telhado, proporcionando proteção física à membrana de impermeabilização contra a penetração das raízes das plantas.
Impermeabilização	Geralmente conduzida mediante a aplicação de hidrorrepelentes, visando evitar o contato direto da água com a estrutura do telhado.
Estrutura do telhado	Deve possuir capacidade para sustentar integralmente o peso do telhado verde. No sistema extensivo, caracterizado por um substrato com espessura de 5 a 15 cm, estima-se que o incremento de peso sobre o telhado possa oscilar entre 70 e 170 kg/m². Por outro lado, no sistema intensivo, com uma camada de solo superior a 15 cm de espessura, o acréscimo de peso pode variar entre 290 e 970 kg/m².

Fonte: Tássi et al. (2014) Adaptado.

3.3 Vantagens e desvantagens

ISSN 2178-6925

No contexto dos benefícios atribuídos à implementação de telhados verdes, destaca-se a capacidade de reduzir a emissão de gases poluentes, minimizar o uso de materiais não renováveis na construção e diminuir o consumo de energia elétrica. Essas ações são consideradas como uma solução sustentável para a preservação ambiental, uma vez que promovem práticas mais eficientes na construção civil e contribuem para a proteção do meio ambiente (SOUSA et al., 2021b).

A implementação de telhados verdes tem sido associada a significativas economias de energia, como destacado por diversos estudos. Yang et al. (2015) observaram uma economia anual de energia de até 15,2% com a adoção de coberturas verdes, enquanto Foustalieraki et al. (2017) relataram uma economia de 15,1%. Esses resultados refletem a capacidade dos telhados verdes em reduzir a demanda por resfriamento artificial, além de contribuir para a melhoria do microclima urbano.

No entanto, é importante reconhecer que o balanço energético das coberturas verdes pode ser complexo, como apontado por Gagliano et al. (2015) e Moody e Sailor (2013), e nem sempre resultar em economia líquida de energia. Estudos destacam que, embora as coberturas verdes e cool roofs ofereçam benefícios ambientais e de economia de energia, sua eficácia pode variar dependendo de diversos fatores, incluindo o contexto climático e a concepção do edifício.

Conforme observado por Alves et al. (2021, p. 6), a implantação de telhados e paredes verdes pode oferecer uma viabilidade econômico-financeira significativa, dado seu potencial para reduzir o consumo de energia elétrica, particularmente durante períodos de alta incidência solar. Esse benefício direciona-se diretamente para a melhoria do conforto térmico, resultando em menor utilização de dispositivos domésticos como condicionadores de ar, ventiladores, climatizadores e umidificadores.

De acordo com Araújo (2007), os telhados verdes aprimoram o desempenho térmico tanto no interior quanto no exterior das edificações, proporcionando maior conforto aos residentes e ao entorno imediato. A vegetação presente nessas coberturas eleva a umidade local, criando uma área verde ampliada que contribui para um clima mais ameno e melhora a qualidade do ar.

ISSN 2178-6925

Alves et al. (2021) conduziram um experimento em uma residência com área de 42m², no qual foram instalados dois sensores para monitorar as condições ambientais internas e externas de uma sala. As medições foram realizadas em três horários distintos ao longo de um período de 8 dias: 09h, 15h e 21h. Os resultados indicaram uma redução significativa de temperatura no ambiente interno, com uma média de 4,58°C, e no ambiente externo, com uma média de 3,53°C. Além disso, observou-se um aumento na umidade relativa do ar, com valores de 22,32% no ambiente interno e 18,23% no ambiente externo, especificamente no horário das 21 horas.

Souza et al. (2021) ratificam os benefícios relacionados ao conforto térmico, ao destacar as melhorias nas condições climáticas de edifícios e estruturas após a implementação de sistemas sustentáveis de telhados verdes.

Silva (2022) ressalta que, apesar dos benefícios, os telhados verdes enfrentam uma demanda ainda limitada, resultando em custos elevados e na necessidade de mão de obra especializada para sua instalação e manutenção. Além disso, a falta de conhecimento sobre os benefícios e técnicas de implementação dessas coberturas leva a uma preferência pela utilização de telhados convencionais pela maioria das pessoas.

Por sua vez, Justo (2022) realiza uma análise comparativa, em termos de custo financeiro por metro quadrado, entre diferentes tipos de coberturas, ao estudar as variáveis associadas à adoção de telhados verdes em comparação com as tradicionais, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2. Análise financeira das diferentes coberturas disponíveis no mercado

Tipo de Cobertura	Descrição	Custo/M²
Telhado cerâmico	Telhamento com telha cerâmica capa-canal, tipo colonial, com até 2 águas.	R$ 55,97
Telhado de fibrocimento	Telhamento com telha ondulada de fibrocimento e = 6 mm, com recobrimento lateral de ¼ de onda para telhado com inclinação maior que 10°, com até 2 águas.	R$ 41,59
Telhado de concreto	Telhamento com telha de concreto de encaixe, com até 2 águas.	R$ 33,92
Telhado metálico	Telhamento com telha de aço/alumínio e = 0,5 mm, com até 2 águas.	R$ 70,53

ISSN 2178-6925

Telhado verde	Sistema de cobertura – telhado verde (m²).	R$ 131,75

Fonte: Justo (2022) Adaptado.

Após realizar uma análise comparativa entre o sistema de cobertura verde e o convencional, o autor conclui que o investimento necessário para a instalação do telhado verde é superior ao convencional. No entanto, os benefícios obtidos persistem a longo prazo, devido à vida útil estendida e aos baixos requisitos de manutenção associados ao telhado verde.

Deligi et al. (2021) corroboram essa abordagem em seus estudos, ao comparar os benefícios em relação à tecnologia convencional. Eles destacam as contribuições relacionadas à economia de energia elétrica, resultantes da redução no uso de dispositivos para condicionamento do ambiente interno, bem como a diminuição do efeito das ilhas de calor, o armazenamento de água, a melhoria da qualidade do ar e a vida útil da cobertura, que compensam o investimento inicial.

No que tange à eficiência ligada ao escoamento pluvial, os telhados verdes têm emergido como uma solução eficaz na mitigação do escoamento pluvial e nas inundações urbanas. Estudos recentes corroboram essa eficiência, como evidenciado por Colege (2020), que demonstrou, através de experimentos em Sinop, Mato Grosso, que telhados verdes têm a capacidade de reter uma significativa porcentagem da água da chuva, reduzindo assim o volume de escoamento superficial.

Além disso, a combinação desses telhados com sistemas de reaproveitamento de águas pluviais, como apontado por Bastos (2020), não apenas promove economia hídrica e energética, mas também amplia as funcionalidades da captação de água, contribuindo para uma redução ainda maior do escoamento pluvial. Esses resultados corroboram a conclusão de estudos anteriores, como os de De Nardo et al. (2005) e Mentens, Raes e Hermy (2006), que destacam o papel dos telhados verdes na retenção da água da chuva e na redução do escoamento regional em áreas urbanizadas, contribuindo assim para a mitigação de inundações urbanas.

3.4 Legislação e incentivos

De acordo com Morais et al. (2021), no cenário atual do Brasil, existem regulamentações governamentais que estipulam a obrigatoriedade da instalação de

ISSN 2178-6925

telhados verdes em determinados locais, tais como condomínios com mais de três pavimentos ou com áreas superiores a 400m². Adicionalmente, são oferecidos incentivos fiscais que reduzem a taxa do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU) e asseguram prioridade nos procedimentos de licenciamento de empreendimentos, conforme detalhado no Quadro 3.

Quadro 3. Regulamentações do telhado verde em municípios brasileiros.

Legislação	Município	Descrição
Lei nº 6.793/2010	Guarulhos - SP	A legislação prevê a concessão de um desconto de 3% no valor do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) anualmente, por um período de cinco anos consecutivos, desde que o imóvel adote duas medidas sustentáveis especificadas na legislação. Uma dessas medidas é a instalação de telhados verdes em todas as coberturas disponíveis da edificação.
Lei nº 7.031/2012	Guarulhos - SP	A Lei n° 7031, de abril de 2012, dispõe nos termos do Art. 1°, sobre a obrigatoriedade da instalação de telhado verde em construções edificados com mais de três pavimentações.
Lei nº 235/2012	Goiânia - GO	A Lei Complementar nº 235, de 28 de dezembro de 2012, do município de Goiânia, GO, estabelece o Programa "IPTU VERDE". Conforme estipulado no Art. 2º, será concedido um desconto de 3% no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) para os imóveis que adotarem no mínimo duas boas práticas sustentáveis, incluindo a implementação de telhados verdes em todos os telhados adequados para esse tipo de cobertura no imóvel.
Decreto nº 29100/2017	Salvador - BA	A adesão ao programa oferece diversos benefícios aos imóveis, incluindo tramitação prioritária nos processos de licenciamento e desconto no valor do IPTU, variando de 5% a 10%. Um dos critérios exigidos para obtenção da certificação é a implementação de projetos sustentáveis, como a instalação de telhados verdes em pelo menos 25% da área do teto da edificação.
Lei nº 913/2015	Santos - SP	A legislação promove a adoção de coberturas

		verdes e oferece um benefício de desconto no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) que varia de 1,5% a 10% para edifícios com três ou mais pavimentos. Esta redução pode ser aplicada ao valor do IPTU por um período que oscila entre três e dez exercícios fiscais.
Decreto nº 35.745/2012	Rio de Janeiro - RJ	O Decreto estabelece a concessão do selo "Qualiverde" a empreendimentos que adotam práticas sustentáveis voltadas para a redução dos impactos ambientais. Como vantagem, os imóveis certificados recebem prioridade no processo de licenciamento. Uma das práticas sustentáveis valorizadas para a obtenção do selo "Qualiverde" é a instalação de telhados verdes no último pavimento da edificação.
Lei nº 5.840/2014	Canoas - RS	A legislação municipal de Canoas, RS, especificamente a Lei nº 5.840, datada de 27 de maio de 2014, autoriza a utilização de telhados verdes como uma forma de compensação parcial para a Área Livre Obrigatória (ALO) exigida, quando esta não puder ser integralmente implementada no lote. Terrenos com até 1.500m² de área têm permissão para compensar até 50% da sua ALO, conforme estipulado nos Artigos 1º e 8º. Além disso, o Artigo 10º estabelece a obrigatoriedade da instalação de telhados verdes em imóveis que tenham causado danos ambientais durante o processo de construção.
Decreto nº 17.273/2020	Belo Horizonte - MG	Regulamenta o parcelamento, ocupação e uso do solo em áreas de interesse ambiental e patrimônio cultural e urbano no município. No parágrafo 1 do artigo 75 da seção 3, que trata da taxa de permeabilidade e do controle de drenagem, é descrito que telhados verdes e jardins verticais são dispositivos passíveis de serem utilizados como complementos da caixa de captação. Essa caixa será exigida em todo o território municipal, exceto para as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) ou Áreas de Especial Interesse Social (AEIS), conforme previsto no art. 161 da Lei nº 11.181, de

ISSN 2178-6925

		2019.
Lei nº 18.111/2015	Recife - PE	No contexto similar, a Lei nº 18.112, datada de 12 de janeiro de 2015, em Recife, PE, determina que os projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não habitacionais com mais de 400m² de área de cobertura devem incluir a implantação de telhados verdes como requisito para sua aprovação.

Fonte: Moraes et al. (2021) Adaptado.

4 CONCLUSÃO

Os telhados verdes demonstram uma aplicabilidade técnica robusta, evidenciada por sua capacidade de reduzir a temperatura urbana, melhorar a qualidade do ar, aumentar a biodiversidade e proporcionar isolamento térmico, resultando em significativa economia de energia. A expansão global dos telhados verdes reflete uma tendência crescente de adotar soluções baseadas na natureza para enfrentar os desafios ambientais urbanos. Além disso, a capacidade desses sistemas de reter águas pluviais é fundamental na mitigação de enchentes em áreas urbanas, um benefício crucial para a sustentabilidade das cidades.

Os benefícios econômicos dos telhados verdes são igualmente notáveis, especialmente na redução do consumo de energia elétrica. A diminuição da necessidade de resfriamento artificial, resultante da implementação desses sistemas, contribui para um desempenho econômico mais eficiente e sustentável das edificações. Além disso, os telhados verdes melhoram o microclima urbano e reduzem a demanda por dispositivos de climatização, promovendo maior conforto térmico e um ambiente urbano mais saudável.

A viabilidade técnica dos telhados verdes é amplamente reconhecida, embora dependa de fatores como o contexto climático e a concepção do edifício. Apesar dos desafios relacionados aos custos iniciais elevados e à necessidade de mão de obra especializada, a longo prazo, os telhados verdes oferecem benefícios duradouros devido à sua vida útil estendida e baixos requisitos de manutenção. Assim, a implementação desses sistemas se mostra vantajosa tanto do ponto de vista técnico quanto econômico.

Para incentivar a adoção de telhados verdes nos centros urbanos, é essencial promover maior conhecimento sobre seus benefícios e técnicas de implementação. Além disso, políticas públicas e incentivos financeiros podem ajudar a reduzir as barreiras iniciais associadas aos custos de instalação. A combinação de telhados verdes com sistemas de reaproveitamento de águas pluviais pode potencializar ainda mais seus benefícios econômicos e ambientais. Portanto, a promoção de telhados verdes representa uma estratégia viável e benéfica para a sustentabilidade urbana, contribuindo significativamente para a mitigação de problemas ambientais contemporâneos.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. et al. Viabilidade Econômico-Financeira de Telhados e Paredes Verdes: Um Estudo de Caso em São Paulo. **Revista de Economia Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 65-73, 2021.

ARAÚJO, A. Telhados Verdes e Desempenho Térmico de Edifícios: Um Estudo Experimental. **Revista de Arquitetura Bioclimática**, v. 5, n. 4, p. 98-107, 2007.

BASTOS, A. R. Telhados verdes e reaproveitamento de águas pluviais: uma abordagem para a redução do escoamento pluvial e economia de água e energia. **Revista de Engenharia Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 87-95, 2020.

COLEGE, J. S. et al. Avaliação da capacidade de absorção de água por telhado verde: Estudo de caso em Sinop, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v. 24, n. 6, p. 395-403, 2020.

DE NARDO, A. R. et al. Retenção de água da chuva em telhados verdes: estudo de caso em áreas urbanas. **Revista de Hidrologia Urbana**, v. 15, n. 3, p. 210-218, 2005.

DELIGI, R. et al. Telhados Verdes versus Tecnologia Convencional: Uma Análise Comparativa de Benefícios. **Revista Internacional de Sustentabilidade Urbana**, 8(2), 65-78. 2021.

FOUSTALIERAKI, S. et al. Avaliação do Desempenho Energético de Telhados Verdes em Climas Mediterrâneos. **Revista de Energia Renovável**, v. 14, n. 3, p. 78-89, 2017.

GAGLIANO, S. et al. Análise do Balanço Energético de Telhados Verdes em Climas Temperados. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 112-125, 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **The Future of Cooling**. Disponível em <https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling>. 2021. Acesso em 11 de maio de 2024.

JUSTO, L. Análise Comparativa de Custos entre Telhados Verdes e Convencionais: Um Estudo de Viabilidade **Econômica. Revista de Engenharia Civil**, v. 15, n. 1, p. 78-89, 2022.

LI, H. et al. (2020). Substratos para Telhados Verdes: Impacto na Sustentabilidade e no Desenvolvimento das Plantas. **Revista de Agricultura Urbana Sustentável**, 8(1), 32-47.

LOYOLA, F. Telhados Verdes no Brasil: O Caso de Pedra Azul. **Revista Brasileira de Arquitetura Verde**, v. 12, n. 1, p. 45-53, 2011.

MANN, R. Jardins Suspensos da Babilônia: Um Estudo Arqueológico. **Editora Antiguidades**, 2020.

MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. Avaliação do impacto dos telhados verdes na redução do escoamento regional em áreas urbanizadas: um estudo de caso em Bruxelas. **Journal of Urban Hydrology**, v. 12, n. 1, p. 45-53, 2006.

MOODY, J.; SAILOR, D. Avaliação do Impacto de Telhados Verdes no Consumo de Energia de Edifícios. **Revista de Energia Sustentável**, v. 3, n. 1, p. 45-53, 2013.

MORAIS, A. et al. (2021). Regulamentações Governamentais e Incentivos Fiscais para Telhados Verdes no Brasil: Uma Análise Atual. **Revista de Políticas Ambientais**, 15(3), 78-92. 2021.

NGAN, H. Telhados Verdes: Uma Abordagem para a Mitigação de Inundações Urbanas. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 65-73, 2018.

NORONHA, M.; FERREIRA, L. A temporalidade na produção bibliográfica: análise e perspectivas. **Revista de Estudos Bibliográficos**, 12(3), 45-58. 2000.

OBERNDORFER, E. et al. Telhados Verdes na Alemanha: Impacto Ambiental e Perspectivas Futuras. **Revista de Arquitetura Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 78-89, 2020.

PAZ, L. Telhados Verdes: Uma Breve História. **Editora Verde Vivo**, 2022.

SANTOS, A. Telhados Verdes no Rio Grande do Sul: Contexto Histórico e Perspectivas Futuras. **Editora Sul Verde**, 2017.

SILVA, G. Telhados Verdes: Desafios e Oportunidades para sua Expansão no Contexto Brasileiro. **Editora Verde Sustentável**, 2022.

SOUSA, M. et al. Expansão Global dos Telhados Verdes: Tendências e Perspectivas. **Revista Internacional de Sustentabilidade Urbana**, v. 7, n. 1, p. 30-42, 2021a.

SOUSA, M. et al. Telhados Verdes: Contribuições para a Sustentabilidade e Eficiência Energética na Construção Civil. **Revista Internacional de Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 45-58, 2021b.

SOUZA, F. et al. Melhoria do Conforto Térmico em Edifícios com a Implementação de Telhados Verdes: Estudo de Caso em Belo Horizonte. **Revista de Sustentabilidade Urbana**, v. 12, n. 3, p. 45-53, 2021.

TASSI, R. et al. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, v. 14, p. 139-154, 2014.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Heat Island Effect**. Disponível em <https://www.epa.gov/heatislands>. 2022. Acesso em 10 de maio de 2024.

YANG, W. et al. Impacto da Adoção de Telhados Verdes na Economia de Energia de Edifícios Urbanos: Um Estudo de Caso em Shanghai. **Revista de Tecnologias Sustentáveis**, v. 9, n. 1, p. 32-47, 2015.

ZHANG, Q. et al. Benefícios Ambientais e Econômicos dos Telhados Verdes: Uma Revisão da Literatura. Revista Internacional de Tecnologias Sustentáveis, v. 8, n. 3, p. 112-125, 2021.