



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais  
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

## LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO ACERCA DO DESEMPENHO E FUNCIONALIDADE DA CAMADA DRENANTE EM TELHADOS VERDES<sup>1</sup>

**BÄR, Bruna Vogt (1); TAVARES, Sergio Fernando (2)**

**(1)** UFPR, bruna.vogt@outlook.com

**(2)** UFPR, sergioftavares@gmail.com

### RESUMO

*Embora a publicação de artigos científicos sobre telhados verdes tenha aumentado nos últimos anos, estudos específicos sobre a camada de drenagem utilizada nessas coberturas ainda são raros, resultando em uma falta de compreensão completa da comunidade científica sobre o desempenho e finalidade deste componente dentro desses sistemas. Assim, o objetivo deste trabalho é levantar a bibliografia científica internacionalmente disponível a respeito do desempenho e otimização da camada de drenagem de telhados verdes, a fim de obter-se o estado da arte deste componente do sistema, através da seleção de materiais bibliográficos disponíveis na plataforma de busca da CAPES. A discussão mostra o despertar de uma busca por materiais drenantes mais sustentáveis e funcionais, além da otimização do desempenho do sistema, tanto em questão de eficiência energética, quanto da capacidade de retenção hídrica, quanto de menor resíduo ambiental. Ademais, os resultados obtidos por diferentes autores indicam que as condições locais e os materiais utilizados para a construção são apresentados como um fator de grande influência do comportamento dessas coberturas.*

**Palavras-chave:** Revisão de literatura. Material drenante. Estado da arte. Sustentabilidade. Otimização.

### ABSTRACT

*Although the publication of scientific papers about green roofs has increased in recent years, studies specifically about green roof's drainage layer are still rare, resulting in a lack of complete understanding of the scientific community about the performance and purpose of these components in these kinds of system. Thus, the objective of this paper is to obtain the internationally available scientific bibliography regarding the performance and optimization of the drainage layer of green roofs, in order to obtain a state-of-the-art of this system component, through the selection of available bibliographic materials in the CAPES search platform. The discussion shows the awakening of a search for more sustainable and functional drainage materials, in addition to optimizing the system's performance, both in terms of energy savings and water retention capacity, as well as less environmental residual. Furthermore, the results presented by different authors indicate that local conditions and materials used for construction are shown to be a factor of great influence on the behavior of these roofs.*

**Keywords:** Literature review. Draining material. State of art. Sustainability. Optimization.

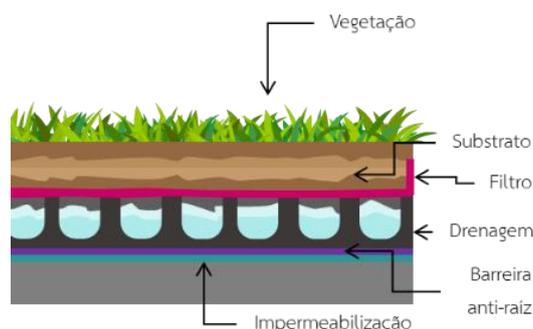
---

<sup>1</sup> BÄR, Bruna Vogt; TAVARES, Sergio Fernando. Levantamento bibliográfico acerca do desempenho e funcionalidade da camada drenante em telhados verdes. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

## 1 INTRODUÇÃO

Telhados verdes são usualmente classificados como intensivo ou extensivo, sendo a possibilidade de habitação e quantidade de manutenção a maior diferença entre eles. Essas coberturas são caracterizadas por possuírem uma série de diferentes camadas, sendo estas usualmente: impermeabilização, barreira anti-raíz, drenagem, filtro, substrato e vegetação (Figura 1). Produtos comercializados para a camada de drenagem geralmente são constituídos por polímeros de baixa densidade e polipropileno. A poluição atmosférica advinda do processo de fabricação desses materiais pode ser balanceada pelas vantagens ambientais geradas pelos telhados verdes dentro de um período de 13 a 32 anos, entretanto, muitos outros impactos negativos ao meio ambiente são gerados pelo processo de fabricação deste tipo de material. Torna-se assim evidente a necessidade da substituição desses materiais por produtos mais sustentáveis ambientalmente. (BIANCHINI E HEWAGE, 2012). Além disso, estudos como Cascone (2019) e Bär e Tavares (2017) apontam uma falta de pesquisas voltadas especificadamente à camada drenante de telhados verdes.

Figura 1 - Possíveis componentes de uso em telhados verdes



Fonte: Autores (2018)

Sendo assim, este artigo visa levantar a bibliografia científica disponível referente ao desempenho e otimização da camada de drenagem para telhados verdes, com o intuito de obter-se um entendimento do estado da arte deste componente do sistema em um cenário internacional.

As buscas por materiais bibliográficos foram realizadas em abril de 2020. Foi restringida à plataforma de periódicos da CAPES pelos termos de busca "drainage + green roof". Os artigos selecionados deveriam atender aos requisitos de serem em inglês ou português, e apresentarem uma abordagem experimental acerca do desempenho de camadas drenantes para telhados verdes. Nenhum filtro de pesquisa como data de publicação ou base de dados foi aplicado, com o intuito de obter-se a maior quantidade de artigos publicados possível. Ainda assim, apenas doze publicações atenderam aos requisitos desta revisão.

## 2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O quadro 1 apresenta detalhes dos componentes, variável de estudo e local das publicações selecionadas para as pesquisas que testaram materiais drenantes em telhados verdes. Já o quadro 2 apresenta os trabalhos que testaram o material drenante bruto a ser aplicado nos telhados verdes, mas sem estar composto dentro do sistema do telhado verde.

Quadro 1 – Estudos selecionados para revisão bibliográfica I

<b>Autores</b>	<b>Telhado de teste</b>	<b>Parâmetros avaliados</b>	<b>Local da pesquisa</b>
Pérez et al. (2012)	Telhado de referência com 3cm de poliuretano e camada de brita de 7cm	Comportamento térmico e consumo energético	Lleida, Espanha
	TV (telhado verde) extensivo com camada de drenagem de pozolana de 4cm e substrato de 5cm		
	TV extensivo como cam camada de drenagem de migalha de pneu de 4cm e substrato de 5cm		
Vila et al. (2012)	Pozolana, migalhas de pneus Ø 2 a 7 mm, Ø2 a 3,5mm e Ø 0,8 a 2,5mm	Temperatura superficial dos protótipos secos e úmidos, capacidade de retenção hídrica e saúde da vegetação	Lleida, Espanha
Savi, Andri e Nardini (2013)	Tecido de retenção, painel modular, membrana filtrante geotêxtil, sem camada drenante	Influência da camada drenante para a vegetação	Triste, Itália
Malcolm et al. (2014)	Telhado verde (TV)	Capacidade de retenção hídrica e de nutrientes de fósforo e nitrogênio lixiviado	Norfolk, EUA
	TV com camada de retenção de água (espuma de poliuretano reciclado com argila e fertilizante de liberação lenta)		
	TV com camada de drenagem (anéis de polietileno reciclado)		
	TV com camada de retenção de água e camada drenante		
	Telhado convencional coberto com cascalho		
Zarembra, Traver e Wadzuk (2016)	Painel modular, sem camada drenante	Taxa de evaporação e capacidade de retenção hídrica	Filadélfia, EUA
Scharf e Zluwa (2017)	Painel modular h=2cm	Desempenho de isolamento térmico	Viena, Áustria
	Argila naturalmente queimada h=5cm		
	Argila expandida h=5cm		
	Sem camada drenante		
	Perlita h=10cm		
	Perlita h=15cm		
Almeida et al. (2019)	Laje de concreto, manta impermeabilizante e PIC	Comportamento térmico e retenção de escoamento	Coimbra, Portugal
	Laje de concreto, manta impermeabilizante, PIC, filtro e substrato		
	Laje de concreto, manta impermeabilizante, PIC, filtro, substrato e vegetação		
Ladani et al. (2019)	Vegetação, solo, tapete drenante h=15cm	Retenção hídrica e atenuação do pico de escoamento	Busan, Coréia do Sul
	Vegetação, solo, areia e h=15cm		
	Vegetação, solo, areia e h=9cm		
	Substrato h=15cm		

Fonte: Autores (2018).

Quadro 2 – Estudos selecionados para revisão bibliográfica II

<b>Autores</b>	<b>Componente de teste</b>	<b>Parâmetros avaliados</b>	<b>Local da pesquisa</b>
Karczmarczyk, Baryla e Bus (2014)	Pollytag, LECA (agregado leve de argila expandida), calcedônia, serpenfinita, concreto aerado auto clavado triturado	Capacidade de retenção de fósforo das águas lixiviadas	Basiléia, Suécia
Gwózdź et al. (2016)	Tijolo triturado, Chalzedonit, LECA fino e grosso, granito triturado, travertino	Resistência de materiais granulares a ciclos de congelamento e descongelamento	Varsóvia, Polônia
Asman et al. (2017)	Migalhas de pneu, palm oil shell, polyfoam, sem camada drenante	Capacidade de redução de escoamento para inclinações de 0, 2 e 6%	Kota Kinabalu, Malásia
Tadeu et al. (2019)	18 amostras de PIC com diferentes espessuras e densidades	Capacidade de retenção de escoamento	Coimbra, Portugal

Fonte: Autores (2018).

Pérez et al. (2012) avaliaram o uso de migalhas de pneus, comparando o comportamento térmico e o consumo energético de três protótipos com diferentes composições, sendo dois telhados verdes e um de referência. Em geral, os telhados verdes apresentaram potencial de economizar energia durante o verão no clima mediterrâneo continental. Mesmo com 20% de cobertura total da vegetação, com uma temperatura interna estipulada de 24°C, foi observado uma redução do consumo de energia de 3,5% para o telhado verde com pneu, e 15% para o telhado verde com pozolana, em comparação com o telhado de referência. Entretanto, para a temperatura interna de 20°C, ambos os telhados verdes apresentaram um consumo energético em torno de 7% maior que o telhado de referência. Para ensaios de temperatura cuja temperatura interna não foi controlada para manter-se em determinada temperatura através do uso de outros sistemas de resfriamento ou aquecimento, o comportamento térmico dos telhados verdes foi superior ao de referência.

Vila et al. (2012) avaliaram parâmetros de temperatura superficial dos protótipos secos e úmidos, capacidade de retenção de água e o desenvolvimento da vegetação. Os protótipos que utilizaram as migalhas de pneus como camada drenante apresentaram uma temperatura média de 1° a 3°C maior que os protótipos com pozolana, e capacidade de retenção hídrica de 3 a 12% maior. Nenhuma das vegetações apresentou sintomas de doença por contaminação dos pneus reciclados.

Savi, Andri e Nardini (2013) investigaram a influência que a camada drenante efetivamente exerce para a camada de vegetação, ajudando-a a sobreviver por longos períodos de seca. Dezesseis protótipos foram avaliados, com quatro diferentes configurações. Os resultados obtidos mostraram um efeito positivo do painel modular para a sobrevivência da vegetação, e indicam que leves alterações nos componentes utilizados podem modificar significativamente a disponibilidade de água dentro dos sistemas.

Karczmarczyk, Baryla e Bus (2014) realizaram testes laboratoriais de coluna com água de torneira comparando cinco agregados reagentes a fósforo apropriados para uso na camada drenante de telhados verdes. Os autores observaram a eficiência de remoção de fósforo dos escoamentos pelo concreto aerado auto clavado triturado,

corroborando com a hipótese de que a implementação de materiais reagentes a fósforo na camada drenante pode reduzir os efeitos negativos nas águas escoadas pelo sistema, originados pelo substrato.

Malcolm et al. (2014) observaram que a camada de retenção de água empregada, cujo único objetivo seria de aumentar a porcentagem de retenção de escoamento hídrico, não apresentou influência significativa no volume retido. Já a camada de drenagem testada, projetada para facilitar o escoamento de água retida, não apresentou aumento significativo no volume escoado. Os autores indicam a necessidade de um planejamento correto desses tipos de cobertura, com o intuito de maximizar os efeitos positivos desses sistemas. Quanto a capacidade de retenção de nutrientes, os autores não observaram diferenças significativas entre os tratamentos drenantes utilizados, exceto por lixiviação elevada de nitrogênio para o telhado verde com espuma de poliuretano reciclado nos dois primeiros meses após instalação dos telhados.

Gwózdź et al. (2016) avaliaram a resistência de materiais granulares a ciclos de congelamento e descongelamento. Os materiais estudados foram submetidos a 30 e 70 ciclos de congelamento. Os resultados indicam que a condutividade hidráulica dos agregados diminui conforme aumenta-se o número de ciclos de congelamentos submetidos, indicando que esta capacidade pode tornar-se um requisito para a escolha do material a ser utilizado no sistema. Dentre os agregados avaliados, o travertino apresentou a maior durabilidade a ciclos de congelamento, enquanto o tijolo triturado teve a menor durabilidade. Após 70 ciclos de congelamento, o agregado LECA teve a diminuição mais acentuada de condutividade hidráulica, e o travertino teve a condutividade hidráulica mais estável.

Zaremba, Traver e Wadzuk (2016) observaram que o sistema testado sem camada drenante apresentou maior taxa de evaporação e foi capaz de reter um valor máximo de precipitação maior que o sistema com drenagem. Além disso, nenhum comprometimento do desempenho do sistema pela falta da camada de drenagem durante o período de experimento foi observado, como problemas de impermeabilização, ou morte da vegetação por falta de água.

Asman et al. (2017) avaliaram a capacidade de redução de escoamento de três tipos de materiais drenantes para inclinações de 0, 2 e 6%. Concluiu-se que as migalhas de pneu são um material adequado para uso na camada de drenagem, levando em consideração sua capacidade de retenção e sua baixa densidade. O segundo material testado com melhor desempenho foi polyfoam. Entre as inclinações avaliadas, aos autores sugeriram que se use 6%, resultando em um escoamento mais rápido, e um conseqüente alívio no peso do sistema.

Scharf e Zluwa (2017) avaliaram o desempenho de isolamento térmico de sete diferentes composições de telhado verde, variando a altura das camadas e materiais utilizados. Os autores concluem que existem processos dinâmicos que ocorrem dentro do sistema, dependentes tanto dos materiais utilizados nas camadas quanto de suas alturas. Além disso, supõe-se que o material que mais influenciou na temperatura do envelope tenha sido a camada drenante, uma vez que os protótipos com melhor desempenho térmico foram os dois configurados com as maiores camadas de perlita como agregado drenante.

Almeida et al. (2019) avaliaram o comportamento térmico de telhados verdes com o uso de placa isolante de cortiça (PIC) como camada de drenagem e retenção de água, através de uma série de testes simulando diferentes condições climáticas de inverno e verão, em câmara bioclimática projetada para os experimentos. Em geral,

os resultados sugerem que PIC pode substituir as bandejas poliméricas usualmente empregadas sem comprometer o comportamento térmico do telhado verde, contribuindo para uma solução mais eco eficiente.

Ladani et al. (2019) estudaram o efeito do tipo de material utilizado em telhados verdes extensivos na capacidade de retenção e atenuação do pico de escoamento. Todos os protótipos foram submetidos a quatro diferentes intensidades de chuva (50, 80, 100 e 150mm/h). O telhado com uso de tapete drenante apresentou menor pico e 40% a mais de retenção de escoamento em comparação aos telhados com areia, mostrando melhor desempenho.

Tadeu et al. (2019) testaram a capacidade de drenagem de placa isolante de cortiça (PIC), através de uma série de ensaios em laboratório que examinam amostras de diferentes espessuras e densidades do material bruto. Os resultados foram comparados com resultados providos de um material de poliolefina, usualmente empregado em telhados verdes. Foi observado que tanto a espessura quanto a densidade do PIC afetam sua performance de escoamento. Ademais, o uso desse material como camada de drenagem diminuiu o pico de escoamento e aumentou a capacidade de retenção hídrica. Durante o curso do estudo, mostrou-se necessário adaptar a geometria das placas para lidar com condições de umidade extremas, através de ranhuras feitas nas placas. Esse ajuste levou a uma superação dos resultados obtidos com o sistema construído com o produto de referência.

### 3 DISCUSSÃO

Através do levantamento bibliográfico realizado por este trabalho, observa-se que os estudos referentes à camada de drenagem de telhados verdes ainda são bastante pontuais, conforme ilustrado pela pouca disponibilidade de trabalhos que atenderam aos requisitos da busca literária. Essa falta de material também ilustra uma lacuna de pesquisas científicas voltadas aos materiais drenantes utilizados em telhados verdes, e, portanto, o desempenho e finalidade deste componente ainda não é completamente compreendido pela comunidade científica.

Zarembra, Traver e Wadiuk (2016) e Malcolm et al. (2014), observam um melhor desempenho de capacidade de retenção hídrica dos telhados verdes testados sem camada de drenagem. Os autores indicam que os projetos dessas coberturas sejam cuidadosamente planejados para a otimização dos resultados requeridos. Além disso, também sugerem a possibilidade de a camada de drenagem não ser um componente indispensável, cujo uso, ou desuso, deve ser condizente com os resultados pretendidos pelo telhado verde a ser implementado.

A possibilidade de sucesso de telhados verdes sem camada de drenagem resultaria em telhados verdes com menos uso de materiais, acarretando menor custo e até mesmo menor quantidade de resíduos ambientais, além do alívio de peso no sistema.

Atenta-se que em algumas regiões, a resistência de materiais granulares a ciclos de congelamento e descongelamento, como estudado em Gwózdź et al. (2016) se faz de extrema importância, já em climas mais tropicais, há a necessidade de ser possível passar por períodos de seca sem que haja comprometimento da camada de vegetação. Nesse sentido, para Savi, Andri e Nardini (2013), o uso de painéis modulares proporcionou melhor desenvolvimento da vegetação.

Por isso, faz-se tão necessário a busca da otimização dos sistemas de telhados para cada clima e região, uma vez que as condições locais se apresentam como grande fator de influência do comportamento dessas coberturas.

Pesquisas como Karczmarczyk, Baryła e Bus (2014) buscam materiais capazes de reter a lixiviação de nutrientes como Fósforo dos escoamentos dos telhados verdes. Scharf e Zluwa (2017) e Pérez et al. (2012) buscam pelo desempenho de isolamento térmico e possível redução de consumo energético. A camada de drenagem, portanto, apresenta-se como um recurso capaz de atenuar possíveis problemas enfrentados pela região de implementação, e de direcionar as características necessárias para dada construção.

Observa-se, portanto, um potencial da camada de drenagem servir como um componente chave para a otimização e desempenho dos resultados requeridos da cobertura verde.

Por fim, atenta-se ao despertar da comunidade científica pela busca de materiais mais sustentáveis e com menor impacto ambiental, como migalhas de pneu e placas isolantes de cortiça, cujo desempenho seja satisfatório para uso como componente drenante de telhados verdes, uma vez que as soluções de materiais comerciais geralmente têm sido constituídos de polietileno, cujos impactos ambientais são bastante prejudiciais.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão de bolsa, e à UFPR, pelo suporte a esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R.; et al. Thermal behavior of a green roof containing insulation cork board. An experimental characterization using a bioclimatic chamber. **Building and Environment**. [S.l.], v.160, p. 1 – 11, ago. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106179>
- ASMAN, A. S. N.; et al. The hydrological performance of lightweight green roofs made from recycled waste materials as the drainage layer. **MATEC Web of Conferences**, [S.l.], v.103, p. 1 – 6, jan. 2017. <http://doi.org/10.1051/mateconf/20171030ISCEE20164011>.
- BÄR, Bruna Vogt; TAVARES, Sergio Fernando. Estado da arte do comportamento hidrológico de telhados verdes no Brasil: uma revisão sistemática. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 8, n. 4, dez. 2017. ISSN 1980-6809.
- BIANCHINI, Fabricio; HEWAGE, Kasun. How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. **Building and Environment**. [S.l.], v. 48, p. 57 – 65, feb. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.08.019>.
- CASCONE, Stefano. Green Roof Design: State of the Art on Technology and Materials. **Sustainability**. [S.l.], v.11, p.1 – 27, maio 2019. <https://doi.org/10.3390/su11113020>
- GWÓŹDŹ, Karolina. Influence of cyclic freezing and thawing on the hydraulic conductivity of selected aggregates used in the construction of green roofs. **Journal of Ecological Engineering**. [S.l.], v. 17, n. 4, p. 50 – 56, set. 2016. <http://doi.org/10.12911/22998993/63957>.
- KARCZMARCZYK, A.; BARYLA, A.; BUS, A. Effect of P-reactive drainage aggregates on green roof runoff quality. **Water**. [S.l.], v. 6, p. 2575 – 2589, ago. 2014. <http://doi.org/10.3390/w6092575>.
- LADANI, Hoori; et al. Hydrological Performance Assessment for Green Roof with Various Substrate Depths and Compositions. **Water Resources and Hydrologic Engineering**. [S.l.], v.24, p. 1860–1871, fev. 2019. DOI 10.1007/s12205-019-0270-4
- MALCOLM, Elizabeth G.; et al. Measurements of nutrients and mercury in green roof and gravel roof runoff. **Ecological Engineering**. [S.l.], v. 73, p. 705 – 712, dez. 2014. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.030>

PÉREZ, Gabriel et al. Green roofs as passive system for energy savings when using rubber crumbs as drainage layer. **Energy Procedia**. [S.l.], v.30, p. 425 – 460, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.11.054>

SAVI, Tadeja; ANDRI, Sergio; NARDINI, Andrea. Impact of different green roof layering on plant water status and drought survival. **Ecological Engineering**. [S.l.], v. 57, p. 118 – 196, Abril, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.04.048>.

SCHARF, Bernhard; ZLUWA, Irene. Case study investigation of the building physical properties of seven different green roof systems. **Energy and Buildings**. [S.l.], v. 151, p. 564 – 573, jun. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.06.050.perez>

TADEU, A.; et al. Drainage and water storage capacity of insulation cork board applied as a layer on green roofs. **Construction and Building Materials**. [S.l.], v.209, p. 52 – 65, jun. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.073>

VILA, A. et al. Use of rubber crumbs as drainage layer in experimental green roofs. **Building and Environment**, [S.l.], v. 48, p. 101-106. fev. 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.08.010>.

ZAREMBA, Gerald J.; TRAVER, Robert G.; WADZUK, Bridget M. Impact of drainage on green roof evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. [S.l.], v. 147, n. 7, p. 1 – 9, jul. 2016. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0001022](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001022).