



EFEITO DA VEGETAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DO LIXIVIADO DE SUBSTRATO DE TELHADO VERDE

DANIELE DE ANDRADE VILLARIM LIMA; THAMIRIS BRANDINO STELLATO;
LUCILENA REBELO MONTEIRO; DENISE ALVES FUNGARO

RESUMO

Substrato é qualquer material usado com a finalidade de servir de base para o desenvolvimento de uma planta até sua transferência para o viveiro ou para a área de produção, podendo ser compreendido não apenas como suporte físico, mas também como fornecedor de nutrientes para a muda em formação. É um elemento essencial para o sucesso de um telhado verde, proporcionando um ambiente adequado para o desenvolvimento das plantas e contribuindo para os diversos benefícios que esses sistemas oferecem. A escolha criteriosa tanto do substrato, quanto das plantas, é fundamental para garantir a qualidade do escoamento pluvial e a capacidade de retenção de água do telhado verde. O objetivo desse trabalho foi analisar as propriedades do lixiviado produzido após contato de um substrato comercial com chuva ácida artificial na presença e ausência de vegetação. A grama amendoim foi selecionada nos experimentos. Os parâmetros analisados foram: propriedades químicas (pH e condutividade elétrica), propriedades hidráulicas (capacidade de retenção de água) e análise da capacidade de retenção de nutrientes. A presença da planta não influenciou o pH do lixiviado, com o valor médio de 6,6, maior do que da água de chuva. A capacidade de retenção de água dos substratos também não teve variação significativa com os valores médios faixa de 34 a 38%. No lixiviado da amostra de substrato com vegetação houve a redução da condutividade elétrica em 65% e a redução da concentração de nitrato, sulfato e fosfato em 95,5, 76,3 e 100%, respectivamente, consistente com a absorção de nutrientes pelas plantas e a estabilização do sistema radicular. Os resultados indicaram que o sistema substrato-planta do presente estudo apresentou potencial para ser usado em telhado verde.

Palavras-chave: substrato; telhado verde; lixiviado; água de chuva; resíduos.

1 INTRODUÇÃO

Das diversas componentes de um telhado verde, o meio de crescimento (substrato) é parte fundamental na concepção do sistema (KADER *et al*, 2022). O substrato é uma composição que tem como objetivo auxiliar na sustentação, ou seja, como suporte para fixar as raízes ou partes aéreas das plantas. (ALVES, 2019).

Os substratos podem ser de origem orgânica, como casca de arroz, fibra de coco e turfa, ou de origem mineral, como lã de rocha e perlita. Em comparação com os materiais orgânicos, os de origem mineral são mais estáveis, ou seja, mantêm suas propriedades por períodos mais prolongados, por isso são amplamente utilizados, principalmente na Europa (CAMACHO; TORO; DÍAZ, 2021).

Dentre as características desejáveis dos substratos, as principais são: baixo custo, disponibilidade de fornecimento no mercado, teor de nutrientes, pH e capacidade de troca de cátions adequados, ausência de patógenos, aeração, retenção de água e boa agregação às raízes. Tais características estão diretamente relacionadas com sua textura e a qualidade dos materiais que compõem a sua formulação. Nas últimas décadas, a qualidade dos substratos

aumentou consideravelmente e, no mercado agrícola, várias formulações podem ser encontradas, conforme as necessidades dos viveiristas, assim como muitos substratos podem ser formulados no próprio local, com aproveitamento de resíduos orgânicos, permitindo ampliar a sustentabilidade do sistema de produção (EMBRAPA, 2020).

Substratos alternativos produzidos a partir da compostagem de resíduos orgânicos gerados na propriedade rural podem constituir-se numa opção para os agricultores, já que, muitas vezes, esses resíduos não são bem aproveitados, sendo jogados em locais inadequados, empilhados e deixados no ambiente, queimados etc., podendo provocar impacto ambiental negativo ou se caracterizar como desperdício de matéria prima de qualidade (PINHO *et al.*, 2016).

Embora muita atenção tenha se concentrado na quantidade de escoamento de águas pluviais de telhados verdes, pesquisas sobre a qualidade da água das vazões também são importantes (GOLDSCHMIDT; BUFFAM, 2023; LIU *et al.*, 2019).

Teoricamente, os telhados verdes podem reduzir a poluição do escoamento urbano de águas pluviais por meio da absorção e filtragem de poluentes pela ação do substrato e vegetação (LEITE; ANTUNES, 2023). Por outro lado, estudos apontaram que telhados verdes podem ser uma fonte de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo (KUOPPAMÄKI *et al.*, 2016; AITKENHEAD-PETERSON *et al.*, 2011). O substrato e a vegetação desempenham um papel crítico na influência da qualidade da água do escoamento lixiviada do telhado verde (LI; BABCOCK, 2014).

O objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade do lixiviado de um substrato comercial para telhado verde na presença e ausência de vegetação após contato com chuva ácida artificial.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

O substrato foi produzido com formulação e método desenvolvido para uso em lajes verdes e plantio de diferentes tipos de vegetações (gramas, árvores, horticultura) e foi doado pela empresa ECRA Sustentabilidade Urbana. As propriedades físico-químicas do substrato estão listadas na Tabela 1. A análise imediata e o teor de nutrientes encontram-se em estudo anterior (LIMA, 2023).

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas do substrato

PROPRIEDADES	VALOR*
DENSIDADE SECA (kg/ L)	0,2868 ± 0,00795
pH	7,17 ± 0,047
CONDUTIVIDADE (µS/cm)	638,5 ± 5,5
CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA (meq/ g)	0,982 ± 0,526
(*) média ± desvio padrão	

2.2 Métodos

A solução simulando água da chuva ácida foi preparada pela mistura de solução de HNO₃ 10-5 mol L⁻¹ com H₂SO₄ 10-5 mol L⁻¹, na proporção 1:1 (v/v), em um balão volumétrico de 1 L.

O ensaio foi realizado com três recipientes contendo 100 g de substrato e três recipientes contendo 100 g substrato e 3 mudas de grama-amendoim (*Arachis repens*). Os recipientes foram irrigados com água potável até que as mudas estivessem prontas para receber a água de chuva artificial. Após o desenvolvimento das mudas, as amostras foram irrigadas com um volume de

água de chuva artificial de 329 L/m², o qual foi selecionado conforme a média anual de 2022, de acordo com os dados de chuva do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) da estação de Barueri. No lixiviado foram determinados: pH; condutividade; concentração dos íons nitrato, fosfato e sulfato por cromatografia de íons (cromatógrafo iônico ICS-2100). Para a determinação da capacidade de retenção da água foi determinado o volume de entrada e o volume de saída de água e o tempo de escoamento de cada amostra. Os resultados são dos ensaios em triplicata com desvio padrão da média.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

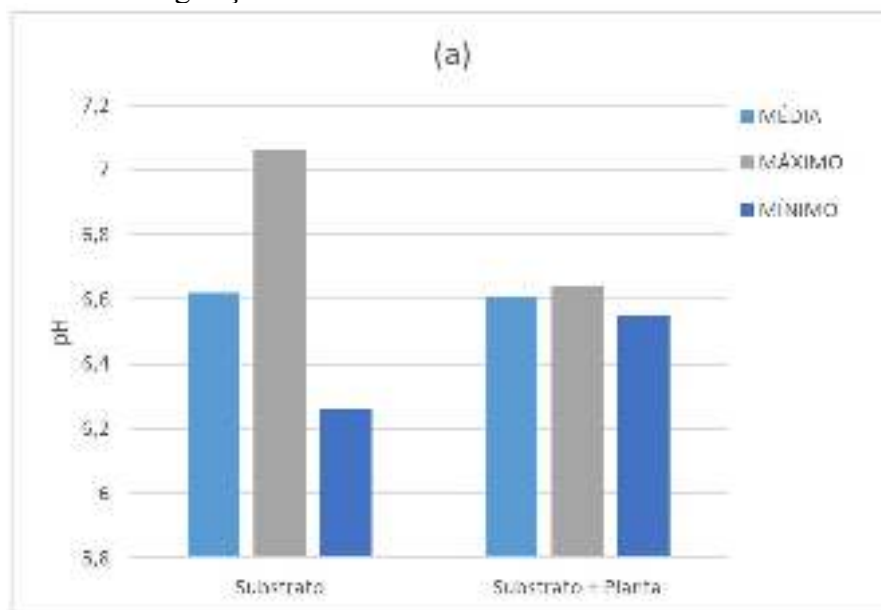
3.1. Características físico-químicas do substrato na presença e ausência de vegetação

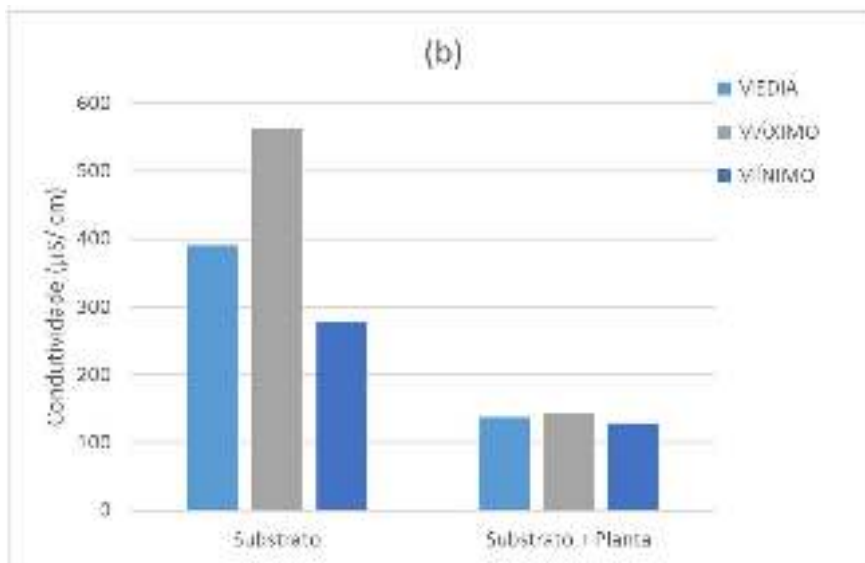
Na Figura 1 estão apresentados os resultados de pH e condutividade do lixiviado na presença e ausência de vegetação após contato com chuva ácida artificial. Nas duas amostras o lixiviado apresentou um pH médio de 6,6 (Figura 1a). Portanto, ocorreu a neutralização da acidez da chuva (pH ~4,5) por um processo de filtragem na vegetação e pelas reações de troca catiônica, adsorção e dissolução que ocorrem no substrato (GILLEN, 2009).

Essa capacidade de mitigação dos efeitos negativos da chuva ácida por telhados verdes foi observada em outros sistemas substrato-planta, corroborando os resultados do presente estudo (ABUSEIF, 2023; LI; BABCOCK, 2014).

A condutividade elétrica representa a quantidade de sais dissolvidos presentes nos lixiviados. A presença de plantas diminuiu em aproximadamente 65% a condutividade em comparação com a amostra apenas com substrato (Figura 1b). Nas amostras com planta, também houve uma variação bem menor entre as amostragens. Essa diminuição e estabilidade é atribuída à absorção de nutrientes pela planta. Nas duas amostras, a quantidade de sais dissolvidos no lixiviado pode ser considerada alta.

Figura 1 – Valores de pH (a) e condutividade elétrica (b) do lixiviado do substrato na presença e ausência de vegetação





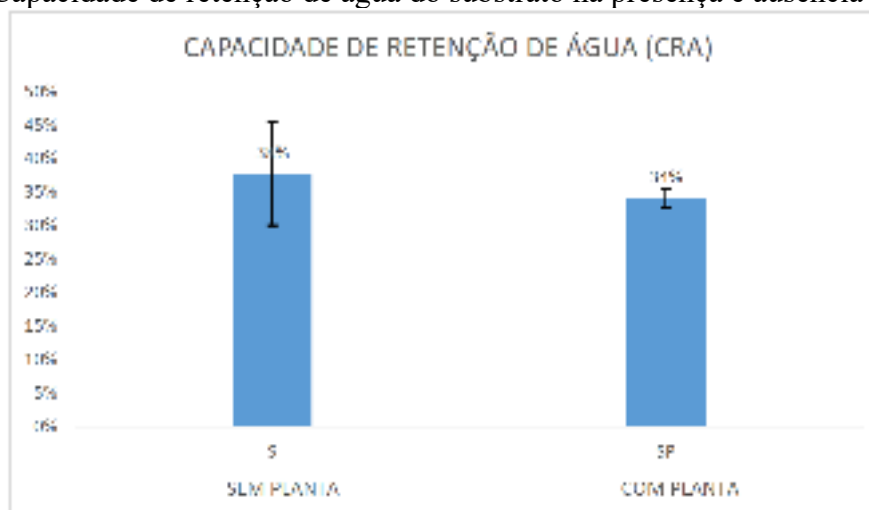
A quantidade do lixiviado produzida após o contato do substrato com água de chuva está relacionada com a sua capacidade de retenção de água. Dentre os principais benefícios proporcionados por telhados verdes destaca-se o potencial para atenuação do escoamento superficial das águas pluviais devido à capacidade de retenção de água. Tanto a vegetação quanto o substrato atuam sobre o controle do escoamento pluvial por meio dos processos de interceptação, armazenamento de água e evapotranspiração (MIHALAKAKOU *et al.*, 2023; LEITE; ANTUNES, 2023; PERIVOLIOTIS *et al.*, 2023).

Observou-se que não houve diferença significativa entre a capacidade de retenção do substrato sem e com vegetação, com valor médio entre 34-38% (Figura 2). Quando não há influência da vegetação nesses sistemas, foi sugerido que o fator principal para a retenção de água são as propriedades físicas do meio (VAN WOERT *et al.*, 2005).

Os valores recomendados de capacidade de retenção de água para substratos de telhados verdes variam entre 35 e 65% v/v. O valor encontrado nas amostras de substrato do presente estudo está dentro dessa faixa (FLL, 2018; FRANCIS *et al.*, 2014; ASTM INTERNATIONAL, 2015).

Os resultados obtidos nesse estudo são similares aos encontrados em telhados verdes formados por substrato com biocarvão como componentes com e sem vegetação (GOLDSCHMIDT; BUFFAM, 2023).

Figura 2 – Capacidade de retenção de água do substrato na presença e ausência de vegetação



3.2. Avaliação de íons presentes no lixiviado

Diferentes sistemas substrato-planta terão diferentes tendências para reter ou liberar nutrientes devido às propriedades químicas e físicas do meio e das necessidades da planta. A concentração dos íons nitrato, fosfato e sulfato que lixiviou das amostras do substrato após contato com a água de chuva está apresentada na Tabela 2.

O nitrato e o sulfato foram os íons que mais lixiviam após o contato apenas com o substrato. Estudos anteriores indicaram que o substrato do presente estudo possui grande afinidade pelo fosfato e pouca afinidade por nitrato e o sulfato (LIMA, 2023).

A presença de vegetação diminuiu a lixiviação dos íons, consistente com observações anteriores de sistemas de telhado verde (GOLDSCHMIDT; BUFFAM, 2023; LIAO *et al.*, 2022). A redução da lixiviação de nutrientes de sistemas com vegetação é atribuída à absorção de nutrientes pelas plantas durante o crescimento.

Tabela 2 - Propriedades físico-químicas do substrato

Concentração (mg/L) *		
Ânions	Substrato	Substrato + Planta
-	99,2 ± 0,04	4,45 ± 1,06
NO ₃		
3-	13,5 ± 0,01	0
PO ₄		
2-	26,4 ± 0,01	6,25 ± 0,07
SO ₄		

(*) média ± desvio padrão

4 CONCLUSÃO

Nesse estudo foi observado que o substrato sozinho ou plantado com grama-amendoim (*Arachis repens*) apresentou a capacidade de neutralizar o escoamento da chuva ácida. A retenção de água esteve dentro da faixa recomendada para substrato padrão. A presença de planta reduziu a condutividade e a lixiviação de nitrato, sulfato e fosfato. Em ensaios a serem realizados a lixiviação do íon amônio também será avaliada. Os resultados indicaram que esse sistema substrato-planta tem a possibilidade de ser utilizado em telhado verde seguindo os princípios do BMP – *Best Management Practices* (Melhores Práticas de Gestão) por promover a melhoria da qualidade da água escoada.

REFERÊNCIAS

ABUSEIF, M. Exploring influencing factors and innovative solutions for sustainable water management on green roofs: a systematic quantitative review. *Architecture*, v. 3, p. 294-327, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/architecture3020017>. Acesso em: 29 jul. 2024.

ALVES, M. **Substrato é um composto nutritivo para plantas de diferentes espécies**. 2019. Disponível em: < <https://agro20.com.br/substrato/>>. Acesso em: 26 jun. 2024.

AITKENHEAD-PETERSON, J. A. et al. Chemistry of growth medium and leachate from green roof systems in south-central Texas. *Urban Ecosyst*, v. 14, p. 17-33, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11252-010-0137-4>. Acesso em: 29 jul. 2024.

ASTM International, 2015. ASTM E2399/E2399M-15 **Standard Test Method for Maximum Media Density for Dead Load Analysis of Vegetative (Green) Roof Systems**. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.

CAMACHO, O. I. M.; TORO, M. C. H.; DÍAZ, J. S. G. Characterizing potential substrate materials in soilless culture systems. **Cienc. Tecnol. Agropecuaria**, v. 22(1), e1977, 2021. DOI:10.21930/rcta.vol22_num1_art:1977.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Hortaliças. ISSN 1415-2312. Setembro, 2020.

FLL. Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing: **Green Roofing Guideline**, Ed. 6. Fachvereinigung Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V, Bonn. 2018.

FONSECA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação**. 2001. 72 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

FRANCIS, J. *et al.* **Growing Green Guide: A Guide to Green Roofs, Walls and Facades in Melbourne and Victoria, Australia**. Department of Environment and Primary Industries Victoria, Australia. 2014. <https://www.growinggreenguide.org>.

GOLDSCHMIDT, A.; BUFFAM, I. Biochar-amended substrate improves nutrient retention in green roof plots. **Nature-Based Solutions**, v. 3, p. 100066, 2023.

GILLEN, J. **The effect of vegetated roofs on acid precipitation runoff**. Master of Science. University at Albany, State University of New York, 2009.

KADER, S. *et al.* Green roof substrates – A literature review. **Frontiers in Built Environ**, v. 8, p. 1019362, 2022. doi: 10.3389/fbuil.2022.1019362.

KUOPPAMÄKI, K. *et al.* Biochar amendment in the green roof substrate affects runoff quality and quantity. **Ecological Engineering**, v. 88, p. 1-9, 2016.

LEITE, F. R.; ANTUNES, M. L. P. Green roof recent designs to runoff control: a review of building materials and plant species used in studies. **Ecological Engineering**, v. 189, p. 106924, 2023.

LI, Y.; BABCOCK, R. W. Green roofs against pollution and climate change. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, p. 695-705, 2014.

LIAO, W.; DRAKE, J.; THOMAS, S. C. Biochar granulation, particle size, and vegetation effects on leachate water quality from a green roof substrate. **Journal of Environmental Management**, v. 318, p. 115506, 2022.

LIU, W. *et al.* The impacts of substrate and vegetation on stormwater runoff quality from extensive green roofs. **Journal of Hydrology**, v. 576, p. 575-58, 2019.

LIMA, D. A. V. **Caracterização de substrato e de biocarvão derivado de resíduo madeireiro**. 2023, 119 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo, 2019.

MIHALAKAKOU, G. *et al.* Green roofs as a nature-based solution for improving urban sustainability: progress and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 180, p. 113306, 2023.

PERIVOLIOTIS, D. *et al.* Sustainable urban environment through green roofs: a literature review with case studies. **Sustainability**, v. 15, p. 15976, 2023.

PINHO, A. V. *et al.* **Avaliação de compostos orgânicos como substrato alternativo para produção de mudas de tomateiro.** I simpósio de manejo de solo e água. Ppgmsa/Ufersa. Mossoró/RN, 2016.

VAN WOERT, N. *et al.* Watering regime and green roof substrate design affect sedum plant growth. **HortScience**, v. 40, p. 659-664, 2005.