

## TELHADO VERDE E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Richardson Santos Brasil Toledo<sup>1</sup> (IC), Herlane Costa Calheiros (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá.

**Palavras-chave:** Águas de chuva. Características das águas. First flush. Infraestrutura verde.

### Introdução

O meio ambiente tem sido alvo de cada vez mais preocupações com o passar do tempo, com isso ocorre a necessidade de buscar soluções para minimizar os efeitos causados pela ação antrópica com o aumento da urbanização. Sendo assim, o telhado verde é uma alternativa para o controle na melhoria das águas pluviais (Tassi et al., 2014).

Segundo Igra (2023), existem três tipos de telhados verdes os extensivos, os semi-intensivos e os intensivos. O telhado extensivo é caracterizado por ter uma camada mais fina de substratos, variando de 10 a 20 centímetros de espessura, o que permite o cultivo de plantas resistentes e de baixa manutenção, como gramíneas, suculentas e musgos. Já o telhado intensivo tem uma camada mais espessa de substratos, variando de 20 a 60 centímetros, permitindo o cultivo de uma ampla variedade de plantas, incluindo arbustos, árvores e até mesmo hortas. Enquanto, o telhado semi-intensivo é um tipo intermediário entre os dois tipos de telhado.

Os telhados verdes são uma forma em que se pode combinar a ecologia com a engenharia, pois podem proporcionar a retenção, filtração e uso das águas de chuva, reduzindo os efeitos do escoamento superficial, assim como melhoram esteticamente e termicamente o ambiente em que os mesmos se encontram.

Com o aumento da urbanização, tem-se também o aumento das áreas impermeáveis, em várias cidades brasileiras e, com isso, agrava-se o problema do escoamento inadequado nessas áreas, ao qual se pode ocasionar problemas como alagamentos.

Com o intuito de mitigar essa problemática, o Estado vem criando legislações que incentivem o aumento de criação de telhados verdes e o planejamento sustentável, para que se possa reduzir e melhorar as condições vigentes.

Para se conhecer melhor o assunto, fez-se uma revisão bibliográfica com o objetivo principal de entender como o telhado verde afeta a qualidade das águas pluviais.

### Metodologia

Para realização deste estudo, foram utilizados métodos de pesquisa exploratória e explicativa, apresentando dados e teorias fornecidas por grandes organizações mundiais e autores renomados. Desenvolveu-se uma revisão bibliográfica com base em publicações científicas (artigos, teses e dissertações) e em bases de dados como periódicos capes, google acadêmico e repositórios das diversas universidades do país, utilizando as palavras chaves: “telhado verde / green roof”, “primeiras águas”, “First flush”.

A pesquisa bibliográfica resultou em uma extensa lista de publicações que, posteriormente, foi filtrada para um período de 1990 até 2022.

Para entender como o telhado verde afeta a qualidade das águas pluviais foram coletados dados das primeiras águas e do funcionamento de telhados verdes. Assim, Os resultados foram estudados com relação aos seguintes aspectos: (i) qualidade das primeiras águas pluviais; (ii) telhados verdes; (iii) águas pluviais passadas por telhado verde; (iv) benefícios para cidades esponjas; e (v) aspectos normativos e legais para aproveitamento de água de chuva. Além disso, foram geradas tabelas com a comparação da qualidade das águas pluviais em diferentes regiões, sendo estas zonas agrícolas, urbanas, comerciais e industriais.

### Resultados e discussão

Parece consenso que as primeiras águas ou first flush contêm a maior parte da poluição (90% para Gao et al., 2023), devendo ser descartada, desviada para uso menos nobre ou tratada para uso potável. Dependendo do pesquisador, as primeiras águas são definidas em função do tempo (20-30 min) e/ou volume (8-1000 mL) de precipitação (Yaziz et al., 1989; Silva et al., 2022; Gao

et al., 2023). Este fenômeno mostra a sua responsabilidade preponderante na introdução de carga poluente nos corpos hídricos urbanos.

A partir da análise dos resultados das pesquisas estruturadas em tabelas comparativas das qualidades das primeiras águas de chuva, verificou-se que os parâmetros de qualidade de água determinados analiticamente foram: temperatura, pH, alcalinidade, série de sólidos, nutrientes (série de nitrogênio, série de fósforo e enxofre), condutividade, turbidez, cor, DBO, DQO, óleos e graxas, coliformes totais e fecais/E. coli, metais (zinco, ferro, manganês, chumbo e cobre) e cloreto.

Ao analisar os resultados da pesquisa para as zonas agrícolas, pôde observar que o pH das primeiras águas de chuva variaram entre 5,90 e 6,88, indicando que, nessas áreas, as chuvas são levemente ácidas. Em relação aos sólidos totais, pôde-se notar grande variação de 24 mg.L<sup>-1</sup> a 446 mg.L<sup>-1</sup>. Da mesma forma, a condutividade variou de 13,7 a 108,84 µS.cm<sup>-1</sup>. Também, foi verificada a presença de nutrientes como fósforo, nitrogênio total e nitrato.

Nas áreas urbanas, residenciais e comerciais, os parâmetros de qualidade das primeiras águas tendem a ter seus valores mais elevados, provavelmente devido às grandes densidades populacionais nestas áreas. Nas áreas urbanas estudadas, observou-se pH predominantemente neutro, variação nos sólidos totais de 62,4 mg. L<sup>-1</sup> a 156,8 mg. L<sup>-1</sup> e na condutividade elétrica de 18 µS.cm<sup>-1</sup> a 80,66 µS.cm<sup>-1</sup>. Também foram verificadas as presenças de nutrientes (fosfato e nitrato) e metais (ferro, chumbo, zinco, cobre, entre outros).

Ao analisar as zonas industriais, pôde-se notar as maiores variações nos parâmetros de qualidade das primeiras águas, destacando-se fósforo total, nitrogênio total, sólidos suspensos totais e metais, o que se dá provavelmente ao tipo de indústria instalada em cada local (Galvão Jr & Paganini, 2009).

Em resumo, constata-se que a qualidade das primeiras águas pluviais está sujeita a oscilações inerentes às especificidades geográficas, às atividades naturais e antrópicas desenvolvidas na bacia hidrográfica e aos cenários meteorológicos.

Segundo Dalpaz et al. (2019), os telhados verdes envelhecem amadurecem como filtros naturais, removendo partículas e poluentes presentes nas águas pluviais. Os pesquisadores observaram uma redução

significativa na concentração de poluentes, como fósforo, metais pesados e sólidos suspensos, nas águas provenientes de telhados verdes em comparação com telhados considerados cinzas convencionais. Também afirmam que a vegetação presente nos telhados verdes atua como um filtro biológico, absorvendo e metabolizando esses poluentes, o que ajuda a prevenir a eutrofização de corpos d'água receptores.

Outro aspecto relevante destacado por pesquisadores é a capacidade dos telhados verdes de reduzir o escoamento superficial das águas pluviais. Segundo Dalpaz et al. (2019) e Teixeira et al. (2017), a presença do substrato e da vegetação nos telhados verdes aumenta a retenção de água, retardando o escoamento e promovendo a infiltração no solo. Isso contribui para a diminuição do volume e da intensidade dos picos de escoamento, auxiliando no controle e na prevenção de enchentes e na recarga dos aquíferos subterrâneos. Pois a presença do substrato e da vegetação nos telhados verdes aumenta a retenção de água, retardando o escoamento e promovendo a infiltração no solo, conforme mencionado por Teixeira et al. (2017). Isso contribui para a diminuição do volume e da intensidade dos picos de escoamento, ajudando a prevenir enchentes e recarga de aquíferos subterrâneos.

Segundo Morais et al. (2021), os substratos utilizados nos telhados verdes possuem alta capacidade de retenção de água, o que ajuda a reduzir o volume de escoamento superficial. Essa retenção ocorre devido à capacidade dos substratos de absorver e reter a água da chuva, permitindo sua liberação gradual.

Os telhados verdes também proporcionam uma maior capacidade de retenção de nutrientes, como enxofre e fósforo, presentes na água da chuva. Teixeira et al. (2017) afirmam que a vegetação e o substrato do telhado verde operam como um filtro biológico, absorvendo e metabolizando esses nutrientes, evitando a sua lixiviação e, conseqüentemente, a poluição de corpos d'água receptores.

Com base no estudo comparativo realizado por Teixeira et al. (2017), a água da chuva coletada em telhados verdes apresentou melhor qualidade em comparação com a água coletada em telhados convencionais, seus resultados indicaram que a água da chuva proveniente de telhados verdes apresentou níveis mais baixos de poluentes, como turbidez, sólidos suspensos e metais pesados. Os telhados verdes agiram como filtros naturais, retendo partículas e poluentes presentes na água pluvial. Isso ocorre devido à presença dos substratos e do sistema radicular das plantas, que atuam como barreiras físicas e biológicas, com certeza para a melhoria da qualidade da água.

Com isso, a vegetação presente nos telhados verdes contribui para a regulação da quantidade de água que escoar. Moraes et al. (2021) afirmam que a evapotranspiração das plantas nos telhados verdes promove a perda de água para a atmosfera, reduzindo o volume de escoamento. Isso significa que os telhados verdes não apenas retêm água, mas também permitem sua evaporação e transpiração pelas plantas, diminuem a quantidade de água que chega às superfícies urbanas e reduzem o risco de alagamentos e inundações.

O conceito de cidades esponjas se baseia na imitação dos processos naturais de absorção, armazenamento e distribuição de água. O objetivo é reduzir a ocorrência superficial, aumentar a infiltração e promover a recarga dos aquíferos. Diante dessa conjuntura, os telhados verdes desempenham um papel fundamental, pois ajudam a diminuir o escoamento de água pluvial, enfrentando o risco de enchentes e melhorando a qualidade da água.

A implementação de telhados verdes tem sido incentivada e regulamentada por meio de leis, normas e textos governamentais como parte das políticas ambientais para incentivar e regulamentar a instalação de telhados verdes. Moraes et al. (2021) citam exemplos de textos governamentais, como leis, regulamentos e diretrizes, que promovem a implementação de telhados verdes em áreas urbanas.

Contudo, Segundo Sjöblom (2023), os benefícios atribuídos aos telhados verdes talvez sejam exagerados pois exigem manutenção constante inclusive fertilização, confere peso extra a edificação e as mudanças atmosféricas podem influenciar sua viabilidade.

### Conclusões

Conclui-se que:

- a qualidade das águas pluviais é uma preocupação essencial para o meio ambiente e a saúde humana.
- conceito de "first flush", como destacado pelo estudo de Gao et al. (2023), ressalta a importância de compreender o impacto inicial da chuva na carga de poluentes, sendo uma questão crucial para o manejo das águas urbanas.
- nas primeiras águas de chuva concentram-se a maior quantidade de poluentes.
- a qualidade das águas de chuva depende de vários fatores como poluição atmosférica, intensidade de chuva, duração da chuva, superfície de escoamento, entre outros.

- o telhado verde é capaz de diminuir a concentração de poluentes como fósforo, metais e outros, contribuindo para a redução da poluição de cursos d'água e prevenção a eutrofização. No entanto, devido a fertilização do substrato pode carrear substâncias para a água.
- como forma de armazenamento de água e melhoria na qualidade de águas pluviais, os telhados verdes hidráulicos representam uma abordagem inovadora e sustentável para a construção urbana, que abraça os desafios ambientais das áreas urbanas modernas (Ferreira & Moruzzi, 2007).
- com sua capacidade de reter e gerenciar eficientemente a água da chuva, esses telhados oferecem uma solução eficaz para mitigar alagamentos e, assim, reduzir a demanda sobre os sistemas de drenagem.
- a diferenciação entre os tipos extensivo e intensivo dos telhados verdes permite uma escolha adaptada às necessidades e possibilidades de uso.
- diante dos desafios crescentes da urbanização e das mudanças climáticas, o telhado verde oferece uma solução multifacetada para problemas como enchentes, ilhas de calor e perda de biodiversidade (Sotto et al., 2019).
- contudo, para que se possa tornar viável a implementação de tais sistemas é necessário que o custo seja acessível e que o governo considere seriamente a integração de políticas específicas que incentivem e regulam a implantação de telhados verdes em projetos de construção e reabilitação urbana.

### Agradecimentos

Nossos sinceros agradecimentos a Universidade Federal de Itajubá. Pelo apoio financeiro, agradecemos à FAPEMIG.

### Referências

DALPAZ, L.; BORGERT, A. E.; VENDRAMI, J. M.; GHISI, E. Tipos e eficiência de unidades de tratamento para água pluvial: revisão de literatura. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 207–231, jul. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/BdnQkqjS4H8qqZ4JxmF5sgF/#>. Acesso em: 13 setembro 2023.

FERREIRA, César Argentieri; MORUZZI, Rodrigo Braga. Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis. **Encontro nacional**, v. 4, p. 1027-1036, 2007.

GALVÃO JUNIOR, Alceu de Castro; PAGANINI, Wanderley

da Silva. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, p. 79-88, 2009.

GAO, Zan; ZHANG, Qionghua; LI, Jie; WANG, Yufei; DZAKPASU, Mawuli; WANG, Xiaochang C. First flush stormwater pollution in urban catchments: a review of its characterization and quantification towards optimization of control measures. **Journal of Environmental Management**, Amsterdam, Netherlands, v. 340, p. 117976, ago. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479723007648>. Acesso em: 13 setembro 2023.

IGRA, Jennifer. (s/d). **Types of green roofs**. Igra-World. [https://www.igra-world.com/types\\_of\\_green\\_roofs/](https://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/)

MORAIS, B. R.; MÉNDEZ-QUINTERO, J. D.; MACEDO, D. R.; NERO, M. A. Os telhados verdes nas políticas ambientais e como medida mitigadora das inundações urbanas. **Labor & Engenho**, Campinas, v. 15, p.1-12, 17 dez. 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/357149198\\_Os\\_telhados\\_verdes\\_nas\\_politicas\\_ambientais\\_e\\_como\\_medida\\_mitigadora\\_das\\_inundacoes\\_urbanas\\_uma\\_revisao\\_sistematica](https://www.researchgate.net/publication/357149198_Os_telhados_verdes_nas_politicas_ambientais_e_como_medida_mitigadora_das_inundacoes_urbanas_uma_revisao_sistematica). Acesso em: 14 ago. 2023.

SILVA, S. T. B. DA.; ARAÚJO, L. F. DE.; SILVA, T. T. S. DA.; SANTOS, S. M. DOS.; GAVAZZA, S. Influência da deposição seca e da modificação em dispositivo de desvio automático sobre a qualidade da água de chuva. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 385–393, mar. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/nMRtz6ShR6nyNVmJJYbzcpG/#>. Acesso em: 13 setembro 2023.

SJÖBLOM, Niklas. Green roofs and the challenges of urbanisation and climate change. Geography (line) Master's thesis, University of Turku, Finland, 2023. Disponível em: [https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/175064/Sjoblom\\_Niklas\\_opinnayte.pdf?sequence=1](https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/175064/Sjoblom_Niklas_opinnayte.pdf?sequence=1). Acesso em: 13 setembro 2023.

SOTTO, Debora et al. Sustentabilidade urbana: dimensões conceituais e instrumentos legais de implementação. **Estudos Avançados**, v. 33, p. 61-80, 2019.

TASSI, Rutinéia; TASSINARI, Lucas Camargo da Silva; PICCILLI, Daniel Gustavo Allasia; PERSCH, Cristiano Gabriel. (2014). Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 139-154. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212014000100012>.

TEIXEIRA, C. A.; BUDEL, M. A.; CARVALHO, K. Q. DE; BEZERRA, S. M. DA C.; GHISI, E. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis.

**Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 135–155, abr. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/CBbjymH7jhSKMHnWSgV7SLJ/#>. Acesso em: 13 setembro 2023.

YAZIZ, M.I.; GUNTING, H.; SAPARI, N.; GHAZALI, A.W.. Variations in rainwater quality from roof catchments., [S.L.], v. 23, n. 6, p. 761-765, jun. 1989. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354\(89\)90211-x](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354(89)90211-x).