

## XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

### **INFLUÊNCIA DO SUBSTRATO DO TELHADO VERDE NA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA**

*Yan Ranny Machado Gomes<sup>1</sup>; Thomas Fernandes da Silva<sup>2</sup>; Patrícia Martins Torres de  
Macedo<sup>3</sup>; Gilles Chaves dos Santos<sup>4</sup> & Sylvana Melo dos Santos<sup>5</sup>*

**RESUMO** – As novas alternativas propostas para resolver problemas de drenagem urbana buscam, de forma eficiente, tratar o acúmulo da água superficial o mais próximo possível da origem. Uma alternativa natural e sustentável é a implantação dos telhados verdes, que se caracterizam pela aplicação de vegetação sobre a cobertura de edificações. Este estudo consiste na comparação entre a qualidade da água da chuva coletada após escoar no telhado convencional, composto por telhas cerâmicas, e a água coletada após escoar por uma camada de substrato do telhado verde. Comparando os resultados com os obtidos com o uso do telhado convencional, observou-se que após escoar pela camada de substrato o efluente apresentou uma redução na qualidade dos parâmetros de fósforo, nitrogênio amoniacal e nitrato.

**ABSTRACT**– The new alternatives proposed to solve problems of urban drainage seek, in an efficient way, treat them as close to the source as possible. A natural and sustainable alternative suggested is the implementation of green roofs, which is characterized by the application of vegetation on the roof of buildings. This study consists of a comparison between the quality of rainwater collected after draining on the conventional roof made of ceramic tiles and the water collected after draining through a substrate layer of the green roof. Comparing the results obtained with the conventional roof, it was observed that after filtration by the substrate layer the rainwater presented a reduction of water quality considering phosphorus, ammoniacal nitrogen and nitrate.

**Palavras-Chave** – Qualidade da água, telhado verde, irrigação.

---

1) Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife, e-mail: yanr.machado@gmail.com

2) Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife, e-mail: thomasfernandes1@hotmail.com

3) Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife, e-mail: pmtmacedo@yahoo.com.br

4) Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife, e-mail: gilleschaves@hotmail.com

5) Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife, e-mail: sylvana.ufpe@gmail.com

## INTRODUÇÃO

### Telhado Verde

A crescente urbanização de forma desordenada das cidades brasileiras tem provocado impactos significativos na qualidade de vida da população. Ao longo do processo de urbanização ocorre gradativamente a substituição da cobertura natural, por pavimentos impermeáveis e isso provoca alterações significativas em alguns componentes do ciclo hidrológico. Entre as alterações destacam-se: a redução na taxa de infiltração e o aumento no escoamento superficial. Estes dois fenômenos ocorrem na grande maioria das vezes simultaneamente, resultando em problemas de alagamento e inundações por conta de um aumento e aceleração do pico de vazão em bacias, que antes da urbanização, onde a vazão era bem distribuída no tempo.

Uma alternativa para a redução do pico de vazão é a retenção na fonte, para a qual existem algumas tecnologias, dentre elas o telhado verde. Telhado verde é uma técnica que consiste na implantação de vegetação sobre edificações com drenagem e impermeabilização adequados, agindo positivamente na retenção de poeira e substâncias suspensas no ar; na climatização do ambiente interior e exterior ao edifício, como consequência da evapotranspiração das plantas e diminuição das perdas de calor no inverno, funcionando como isolante térmico; na absorção de ruídos pela barreira vegetal; na elevação da umidade relativa do ar nas proximidades do telhado, o que pode afetar diretamente na saúde da população residente no local (PALLA et al., 2008). Os telhados verdes são subdivididos basicamente em 5 camadas são elas: membrana impermeabilizante, que possui a função de proteger a superfície contra a ação da água; camada drenante, que tem como objetivo facilitar o escoamento de água no solo; meio filtrante, que tem como finalidade evitar o arraste de partículas de solo devido à ação da água; camada de substrato, que possui espessura variável de acordo com o tipo de telhado verde; e vegetação.

De acordo com Hashemi, Mahmud & Ashraf (2015), um telhado verde com espessura de até 15 cm é adequado para grandes áreas e pode ser implantado em telhados inclinados e não requer um processo construtivo difícil. Sobre a vegetação, segundo Oliveira (2012), para evitar problemas de adaptação, deve-se utilizar vegetação que melhor se adeque às condições climáticas de acordo com a região onde serão instalados.

### Qualidade da água

Para definir os possíveis usos da água de chuva, após ser captada através de uma superfície, é necessário conhecer, a princípio, a qualidade da mesma. Após escoar através do sistema de captação, conforme os materiais utilizados para confecção do sistema de captação, a contaminação pode ser

ainda maior, como por exemplo, fezes e restos de animais, poeiras, folhas de árvores, revestimento da superfície de captação, etc. Neste contexto, de acordo com Andrade Neto (2003), recomenda-se que seja descartado o volume inicial de água captada pelo sistema visto que esta pode estar contaminada pelos elementos listados anteriormente. Neste contexto se inserem os dispositivos de descarte de água de chuva, que evitam que a água contaminada chegue ao local de armazenamento. Silva et al. (2017) investigaram três tipos de dispositivos de descarte das primeiras águas de chuva: um baseado no princípio de fecho hídrico (ANDRADE NETO, 2004), um baseado no princípio dos vasos comunicantes ([www.cepfs.org](http://www.cepfs.org)) e um baseado em ambos os princípios físicos (chamado aqui de DesviUFPE - ALVES et al., 2014). De acordo com os autores, todos os dispositivos de desvio estudados resultaram em melhoria na qualidade da água armazenada, ressaltando-se os resultados obtidos para cor real e aparente, turbidez, sólidos totais, coliformes total e E. Coli. Silva et al. (2017) observaram ainda que exceto para cor aparente, turbidez, pH e OD, os demais parâmetros de qualidade analisados na água da cisterna sem desvio foram numericamente maiores aos obtidos para as outras cisternas, evidenciando a necessidade do emprego do desvio.

Em relação à qualidade da água escoada do telhado verde, Hathaway, Hunt & Jennings (2008) observaram que a presença de macronutrientes inorgânicos (nitrogênio e fósforo) na água captada de telhados verdes é devido principalmente ao substrato utilizado. Em outro estudo, MacMillan (2004) identificou que a água proveniente do telhado verde apresentou concentrações maiores de fósforo total, fosfato e alguns metais quando comparados com um telhado convencional. Ainda segundo o autor, o estudo desenvolvido na Suécia analisou a presença de metais pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Pb, e Zn) e nutrientes ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , N total,  $\text{PO}_4\text{-P}$ , e P total) na água proveniente do telhado afim de verificar a influência do substrato, do uso de fertilizantes e da idade da vegetação na qualidade da água escoada dos telhados verdes. Verificou-se que os telhados com vegetação se comportam como fonte de fósforo e potássio e dissipador de nitrogênio.

## **METODOLOGIA**

Este estudo foi conduzido no Instituto Aggeu Magalhães/Fiocruz, localizado no *Campus* UFPE, no bairro da Cidade Universitária na cidade de Recife/PE (Figura ) possuindo área de captação de 90 m<sup>2</sup> de telhas de fibrocimento.



Figura 1: Localização do sistema de captação de água de chuva dentro do *campus* da UFPE, em Recife.

O sistema de descarte de primeiras águas utilizado é o DesviUFPE (Figura 2). Ele foi dimensionado para uma área de 45 m<sup>2</sup>, visto que apenas metade da contribuição, que foi seccionada, é descarregada para instalação do sistema. De acordo com o guia de montagem e dimensionamento do DesviUFPE, a cada metro quadrado de cobertura, deve-se eliminar 1 litro de água, portanto o desvio tem a capacidade de armazenar 45 litros de água. A calha é de alumínio com duas descidas laterais em tubulação de PVC de 75 mm e todo o sistema possui manutenções regulares pelos funcionários da Fiocruz. A água captada, após passar pelo sistema, foi armazenada em um recipiente de polipropileno e levada ao laboratório para realização das análises físico-químicas.



Figura 2: Dispositivo de descarte automático, DesviUFPE, utilizado.

Para representar a passagem de água pelo substrato do telhado verde e medir seu potencial poluidor pela presença de nutrientes. O filtro foi construído utilizando tubulações de PVC de 50 mm,

luvas roscáveis de 1 ½”, adaptador de 50 x ½ e manta *bidim* na extremidade inferior, Figura 3. O substrato utilizado no experimento foi de terra vegetal misturada com material de compostagem, com uma camada com espessura de 15 cm de altura referente indicada para telhados verdes extensivos.



Figura 3: Filtros para simulação do substrato do telhado verde.

Após filtração por gravidade no meio, a qualidade da água foi analisada conforme variáveis da Tabela 1. Nitrogênio amoniacal, fósforo e nitrato possuem indicações de parâmetros de valores máximos para irrigação citados por Almeida (2010). Estas variáveis, além de turbidez foram escolhidas conforme importância definida por diversas publicações na literatura (LEKOUCH et al., 2010; BEECHAM & RAZZAGHMANESH, 2015; HASHEMI; MAHMUD e ASHRAF, 2015). Todas as metodologias foram conduzidas conforme descritas por APHA (2005).

Tabela 1: Variáveis de qualidade de água escolhidas para análise e respectivas metodologias

| Variável    | Metodologia                       |
|-------------|-----------------------------------|
| N-Amoniacal | Indotest                          |
| N-Nitrato   | N-(1-naftil)-etilenodiamina (NTD) |
| Fósforo     | Vanadomolibdico                   |
| Turbidez    | Turbidímetro                      |

Por fim, para as variáveis que se aplicam, uma comparação com os valores máximos permitidos por Almeida (2010) foi realizada e os valores foram também confrontados com resultados na literatura.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com as análises dos parâmetros fósforo, nitrogênio amoniacal, amônia e turbidez realizadas no efluente escoado pelo telhado convencional e pela camada de substrato, foi possível obter os resultados apresentados a seguir. Conforme apresentado na Figura 4, observa-se que ocorreu

aumento significativo dos valores de fósforo após o efluente passar pela camada de substrato. Após escoar pelo telhado convencional não foi encontrado nenhum valor de fósforo, no entanto após escoar pelo substrato o valor observado foi de 26,2 mg/L, sendo este superior ao limite indicado por Almeida (2010), que é de 2,0 mg/L para a água ser utilizada na irrigação.

De acordo com a Figura 5, observa-se que ocorreu um aumento dos valores de nitrato após o efluente passar pela camada de substrato. Após escoar pelo telhado convencional o valor encontrado foi de 0,5 mg/L, no entanto após escoar pelo substrato o valor observado aumentou para 93,4 mg/L, portanto superior ao limite apresentado por Almeida (2010), que é de 10,0 mg/L.

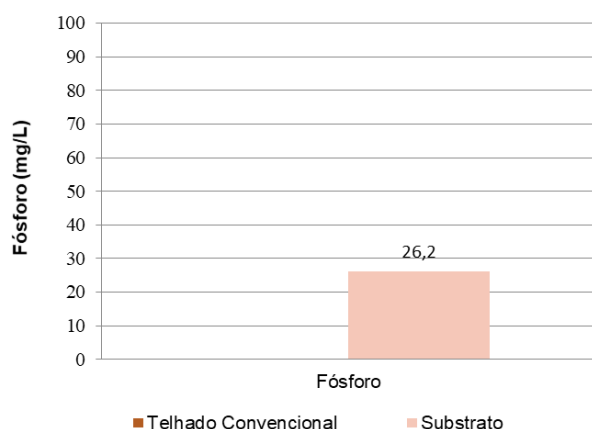


Figura 4: Valores obtidos do parâmetro fósforo.

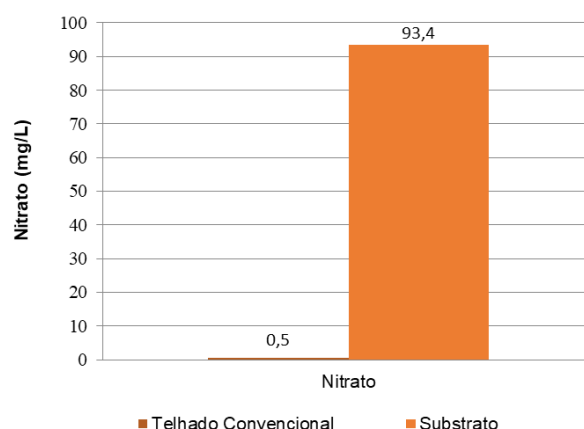


Figura 5: Valores obtidos do parâmetro nitrato.

Conforme a Figura 6, observa-se que ocorreu um aumento dos valores de nitrogênio amoniacal após o efluente passar pela camada de substrato. Após escoar pelo telhado convencional, o valor encontrado foi de 0,2 mg/L, no entanto após escoar pelo substrato o valor observado aumentou para 78,5 mg/L, sendo superior ao limite apresentado por Almeida (2010) que é de 5,0 mg/L.

No que se refere aos valores de turbidez, de acordo a Figura 7, observa-se que ocorreu uma redução dos valores de turbidez após o efluente passar pela camada de substrato, isso pode ser justificado pelo fato que na extremidade inferior da camada de substrato existe uma manta de geotêxtil. Após escoar pelo telhado convencional, o valor de turbidez encontrado foi de 38,7 mg/L, e após escoar pelo substrato o valor observado diminuiu para 29,0 mg/L.

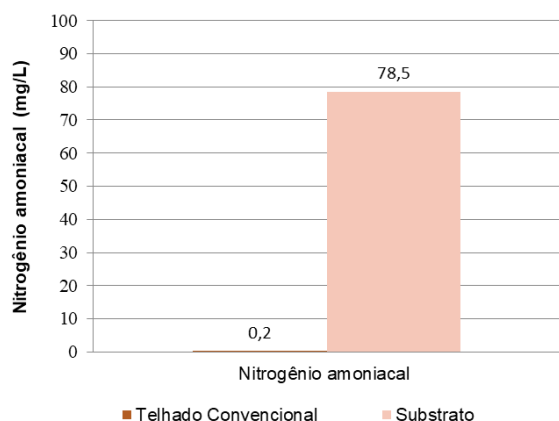


Figura 6: Valores obtidos do parâmetro nitrogênio amoniacoal

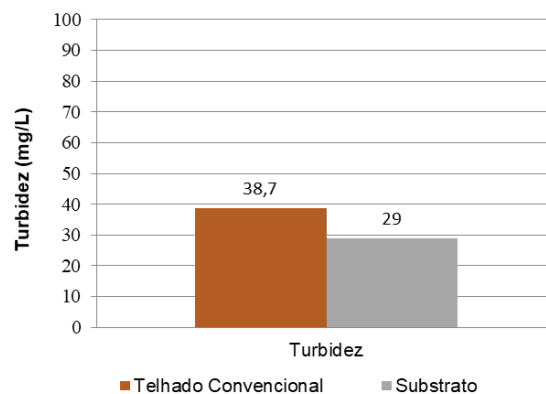


Figura 7 Valores obtidos do parâmetro turbidez.

## CONCLUSÕES

Conforme as análises dos parâmetros físico-químicos do efluente do telhado convencional e do efluente após escoar pela camada de substrato, observou-se que os valores de fósforo, nitrogênio amoniacoal e nitrato aumentaram significativamente após passa pela camada de substrato. Neste contexto, destaca-se a importância de se avaliar o tipo de reuso que será dado ao efluente dos telhados verdes visto que os estudos até o momento ratificam a degradação da água escoada do substrato.

Para investigar a possibilidade de uso deste efluente na irrigação doméstica, os valores obtidos foram comparados com a publicação da EMBRAPA, e exceto pelo parâmetro turbidez, todos os demais parâmetros analisados resultaram em valores superiores aos limites previstos na recomendação.

Portanto, é de fundamental importância avaliar a destinação do efluente dos telhados verdes antes de se indicar para usos menos nobres, ainda que este uso seja a própria irrigação da cobertura vegetal do telhado verde.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. A.. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas/BA, EMBRAPA, 2010.
- ALVES, F.; KOCHLING, T.; LUZ, J.; SANTOS, S. M.; GAVAZZA, S.. Water quality and microbial diversity in cisterns from semiarid areas in Brazil. **Journal of Water and Health**, 12 (3): 513- 525, 2014.
- ANDRADE NETO, C. O.. Segurança sanitária das águas de cisternas rurais. In: 4º.Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro, BA: ABCMAC, 2003.

ANDRADE NETO, C. O.. Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. In: XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal. **Anais..** Natal: ABES/APESB/APRH, 2004.

APHA - American Public Health Assotiation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. 21th ed. Washington, DC: Centennial Edition, 2005.

BEECHAM, S; RAZZAGHMANESH, M.. Water quality and quantity investigation of green roofs in a dry climate. **Water Research**, 70: 370-384, 2015.

HASHEMI, S. S. G; MAHMUD, H. B; ASHRAF, M. A.. Performance of green roofs with respect to water quality and reduction of energy consumption in tropics: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 52: 669-679, 2015.

HATHAWAY, A.M.; HUNT, W. F.; JENNINGS, G. D.. A field study of green roof hydrologic and water quality performance. **Transactions of the ASABE**, 51: 37- 44, American Society of Agricultural and Biological Engineers, ISSN 0001-2351 2008.

LEKOUCH, I; MILETA, M; MUSELLI, M.; MILIMOUK-MELNYTCHOUK, I; ŠOJAT, V; KABBACHI, B; BEYSENS, D.. Comparative chemical analysis of dew and rain water. **Atmospheric Research**, 95: 224-234, 2010.

MacMILLAN, M.. **York university rooftop garden stormwater quantity and quality performance monitoring report**, 2004. Disponível em: <[http://www.epa.gov/region8/greenroof/ocuments/3.4\\_Macmillan-monitoring.pdf](http://www.epa.gov/region8/greenroof/ocuments/3.4_Macmillan-monitoring.pdf)> Acesso em 05 setembro. 2017.

OLIVEIRA, C. C.. **Substratos para uso em telhados verdes: Avaliação da retenção hídrica e qualidade da água de escoamento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 117 p., 2012.

PALLA, A.; BERRETTA, C.; LANZA, L. G.; BARBERA, P. La.. Modelling storm water control operated by green roofs at the urban catchment scale. University of Genoa – Italy, 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, **Anais..**, Scotland, UK, 2008.

SILVA, S. T. B.; ARAÚJO, L. F.; ALMEIDA, A. J. G. A.; GAVAZZA, S.; SANTOS, S. M.. Comportamento de Dispositivos de Desvio das Primeiras Águas de Chuva como Barreiras Sanitárias para Proteção de Cisternas. **Águas Subterrâneas**, 31 (2): 1-11, 2017.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à FACEPE pela concessão da bolsa de mestrado (processo nº IBPG-0062-3.01/17) do autor Yan Ranny Machado Gomes, bem como à FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco), processo APQ-0888-3.07/15, e à PROPESQ (Pró-Reitoria para Assuntos de Pesquisa e Pós-Graduação), através da Diretoria de Inovação e



Empreendedorismo, no âmbito do Edital de Apoio à Inovação/2015, pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa.