

IX-064 - AVALIAÇÃO DE TELHADOS VERDES NO CONTROLE QUALI-QUANTITATIVO DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE CUIABÁ-MT

Jocilan Rodrigues de Lara⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso /UFMT.

Jhenifer Stefani Castilho de Araújo Fernandes

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMT.

Thaís Camila Vacari

Engenheira Sanitarista e Ambiental e mestranda do Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos/UFMT.

Eduardo Beraldo de Moraes

Graduado em Ciências Biológicas, mestre e doutor em Ciências Biológicas - Área de Concentração em Microbiologia Aplicada, pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos/UFMT.

Zoraidy Marques de Lima

Graduada em Ciências Biológicas/UEPB, mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade/UFMT, doutora em Microbiologia/UFRJ. Técnica de nível superior do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental e professora do Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos/UFMT.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Mato Grosso Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental | Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 Cuiabá, MT, Brasil – 78060. Tel: (65) 3615-8721 - e-mail: jocilanlara@hotmail.com

RESUMO

Os telhados verdes são compostos por um sistema de drenagem, manta impermeabilizante, solo e vegetação. Oferecem inúmeros benefícios que podem ajudar a compensar os aspectos negativos da poluição, especialmente no ambiente urbano. Eles podem melhorar a gestão de águas pluviais, reduzindo o escoamento e melhorar a qualidade da água, economizar energia, reduzir o ruído e poluição do ar, aumentar a biodiversidade urbana, são esteticamente agradáveis. Porém a água que passa pelos telhados pode carregar uma série de poluentes. Assim sendo este estudo propõe avaliar quali-quantitativamente as águas pluviais captadas pelos telhados verdes no município de Cuiabá, MT. Para analisar as características da água pluvial captada pelos telhados verdes foram construídos no campus da UFMT quatro módulos experimentais de telhados, compostos por um telhado convencional, um telhado plantado uma espécie arbustiva (herbácea), um telhado onde foi plantada gramínea e um telhado onde foi plantado o consórcio destes dois vegetais. As variáveis de qualidade de água analisadas foram: pH, condutividade elétrica, turbidez e cor. Com intuito de utilização desta água para fins não potáveis foram considerados os parâmetros físicos e químicos da NBR 15527. De janeiro a maio de 2015 foram feitas quinze coletas da água pluvial captada pelos telhados verdes. Nos resultados foi observado que não houve variação significativa do pH entre os telhados, a condutividade elétrica apresentou maior variação entre os telhados durante as primeiras coletas depois passou valores mais constantes. A água captada por telhados verdes apresentam cor e turbidez altas quando comparados a telhados convencionais. Para utilização desta água para fins não potáveis este efluente deve passar por um processo de tratamento antes, a fim de que esteja dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

PALAVRAS-CHAVE: Infraestrutura verde, sustentabilidade, escoamento superficial urbano.

INTRODUÇÃO

Os benefícios ambientais dos telhados verdes vêm de encontro com as propostas profundamente debatidas e apresentadas pelo Rio+20, a Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável. A busca em preencher a lacuna de estudos científicos acerca do aperfeiçoamento de técnicas contemporâneas de telhados verde, originadas de clima temperado para as condições dos climas tropicais predominante no Brasil que possuem características diferenciadas como altos valores de temperatura, amplitude de radiações solares e peculiares hidrológicas.

O ciclo hidrológico vem sendo prejudicado devido ao desenvolvimento urbano desordenado, que resultam no aumento do escoamento superficial de águas pluviais, impactos ao meio ambiente e na população em geral, principalmente nas áreas mais carentes por não possuírem infraestrutura suficiente de planejamento de suas residências.

Por si só os telhados verdes se caracterizam como um sistema sustentável por apresentar diversas vantagens, tais estruturas propiciam benefícios hidrológicos na redução do volume de escoamento superficial e qualidade do pluvial, bem como redução de ilhas de calor, sequestro de carbono e melhorias na qualidade do ar (a vegetação disposta nestes telhados captura os poluentes do ar como O₃, NO₂, SO₂ e intercepta matéria particulada), e ao reduzir o consumo de energia os telhados verdes diminuem ainda a poluição do ar decorrente da geração de eletricidade (CLARK et al. 2008; YANG et al. 2008; ROWE 2011).

Muitos são os benefícios, mas conhecendo a qualidade da água que sai dos telhados verdes é possível saber para quais tipos de reuso pode empregada ou qual tipo de tratamento é mais adequado para essa água. É importante ressaltar que os parâmetros de qualidade da água são influenciados por vários fatores. A qualidade de escoamento de um telhado verde depende do tipo de telhado (a espessura da camada de substrato, a sua composição, vegetação e do tipo de drenagem), a idade do telhado, a sua manutenção (BERNDTSSON et al. 2006).

Os estudos de Uhl e Schiedt (2008) demonstraram que muitos fatores influenciam na quantidade e qualidade de água retida ou escoada pelo telhado como: o teor de umidade do solo, o período sazonal, a evapotranspiração, porém a profundidade do substrato e a inclinação do telhado são os fatores que mais influenciam. Ainda os telhados verdes podem reduzir a poluição do escoamento das águas pluviais urbanas, absorvendo e filtrando poluentes, mas eles também podem contribuir potencialmente liberando poluentes na água (TEEMUSK e MANDER 2011).

Conforme Clark et al. (2008) muitos dos contaminantes estão presentes em membranas de telhados verdes. Berndtsson et al. (2006) analisaram os metais e nutrientes (Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Pb, Zn, NO₃, NH₄, N Total, PO₄, e P Total) presentes no escoamento de telhados verdes e telhados convencionais e observaram que, com exceção do N, que foi retido pela vegetação, os telhados verdes eram uma fonte de poluentes. Também, a água captada por telhados verdes apresentam cor e turbidez altas quando comparados a telhados convencionais.

Portanto este estudo propõe construir módulos de telhados verdes os quais permitirão avaliar qualitativa e quantitativamente as águas pluviais, bem como da valoração de outros benefícios obtidos por meio da implantação desta infraestrutura, no município de Cuiabá, MT.

Sendo assim este estudo propõe avaliar os aspectos qualitativos das águas pluviais captadas por módulos experimentais de telhados verdes por meio de parâmetros físicos e químicos comparando estes resultados com aqueles obtidos no módulo que representa um telhado convencional; e indicar a possibilidade da utilização da água da chuva captada pelos telhados verdes para fins não potáveis com base na Norma Técnica ABNT/NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos (ABNT, 2007).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do estudo, foram construídos no campus da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) em Cuiabá, quatro módulos experimentais horizontais de aproximadamente 1 m², levando em consideração os mesmos princípios de um telhado verde. Durante a construção foram utilizados materiais de forma a diminuir o peso e aperfeiçoar os aspectos de manutenção da espécie.

Como demonstra a Figura 1 o telhado verde é composto por uma camada composta por sistema de drenagem, onde a água pluvial captada escoar para um tambor de plástico de 100 litros. Acima é colocada uma manta geotêxtil de forma que seja permeável à água e que proteja o sistema de drenagem dos entupimentos e da ação das raízes. Sobre a manta foi inserido o solo composto por um agregado de baixa densidade (vermiculita), húmus e solo, esta parte tem aproximadamente 15 centímetros e então finalmente a vegetação. Em cada módulo experimental o volume de água pluvial escoado e infiltrado após os eventos chuvosos foi captado por tubulações e destinado a reservatórios localizados abaixo dos telhados verdes.

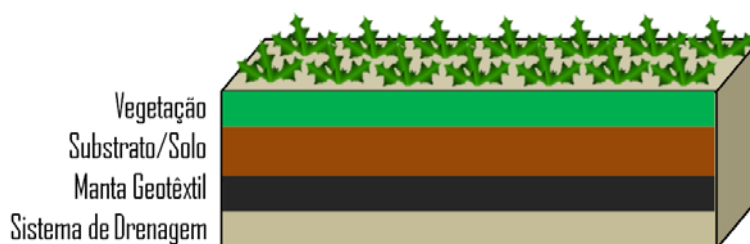


Figura 1. Composição do telhado verde.

Estes módulos foram construídos no telhado da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Na proximidade do telhado está a Estação Climatológica Mestre Bombled de responsabilidade do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMT, forneceu os dados climáticos necessários ao estudo (precipitação e evaporação).

Duas espécies vegetais foram avaliadas: uma gramínea (grama-esmeralda) e outra arbustiva (*Ixora coccínea*) avaliando os seguintes critérios: resistência das plantas frente às condições climáticas de Cuiabá, MT, e plantas de espécies nativas. Dessa forma, como mostra a Figura 2 os quatros módulos experimentais estão dispostos da seguinte forma:

- I. Módulo experimental simulando um telhado convencional;
- II. Módulo experimental do telhado verde com a espécie arbustiva (herbácea);
- III. Módulo experimental do telhado verde com o consorcio das duas espécies;
- IV. Módulo experimental do telhado verde com a espécie de gramínea.

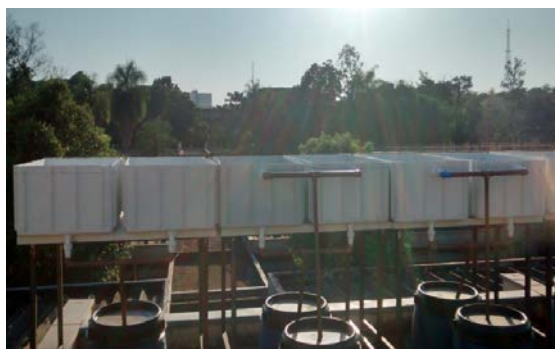


Figura 2- Sistema de módulos de telhado verde.

Após cada evento chuvoso a água escoada e infiltrada de cada módulo foram coletadas, quantificadas e devidamente analisadas, os parâmetros avaliados estão na tabela abaixo segundo a APHA (2012).

Tabela 1. Parâmetros de qualidade da água da chuva e seus métodos de determinação.

Parâmetro	Método de determinação
pH	Potenciométrico
Turbidez	Nefelométrico
Cor Aparente	Espectofotometro
Condutividade Elétrica	Eletrométrico

Para a avaliação da possibilidade de utilização da água coletada pelos telhados verdes para fins não potáveis serão considerados os parâmetros físicos e químicos da Norma Técnica – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos (ABNT, 2007) (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros considerados pela ABNT NBR 15527.

Parâmetro	Valor
Coliformes totais	Ausência em 100 ml
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 ml
Turbidez	< 2,0 UNT
Cor aparente	< 15 uH
pH	6 a 8

De janeiro a maio de 2015 foram feitas quinze coletas da água pluvial captada pelos telhados verdes. Para análise qualitativa a água escoada e infiltrada de cada telhado foram misturadas a fim de expressar as características reais deste efluente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado na Figura 3 o pH não teve muita variação na água captada pelos telhados durante o período analisado. A princípio o pH mostrou valores mais baixos, em torno de 6, e depois se manteve próximo a neutralidade. Ainda é possível observar que o telhado convencional apresentou pH mais alto que os outros telhados e o telhado com gramínea apresentou o pH mais baixo. O pH, potencial Hidrogeniônico, pode ser de origem natural ou antropogênica, sendo identificada por meio de substâncias que aderem à água. Neste parâmetro leva-se em consideração a concentração de íons hidrônio (H⁺) que determina o índice de concentração numa faixa que vai de 0 a 14, sendo considerada ácida (quando pH < 7); neutra (quando pH = 7) e básica (quando pH > 7) (RENOVATO et al. 2013).

Mais de 95% da água captada pelos telhados apresentaram-se dentro dos padrões estabelecidos pela Norma Técnica – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, que é de um pH entre 6 e 8.

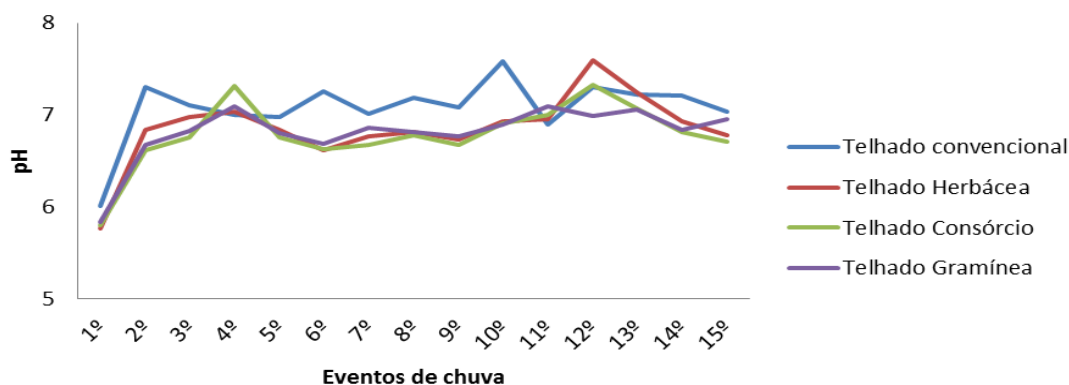


Figura 3. O pH da água captada de quinze eventos de chuva nos módulos experimentais de telhados verdes.

Segundo CETESB (2009) a condutividade elétrica é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Pode fornecer uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados.

Conforme Figura 4 a condutividade elétrica no telhado convencional foi a que apresentou maior variação sendo de 14 a 647 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O telhado que apresentou menor variação foi o de consórcio entre as duas espécies vegetais. É possível observar que após o décimo evento chuvoso a condutividade elétrica da água pluvial captada pelos telhados passou a apresentar menor variação em todos os telhados.

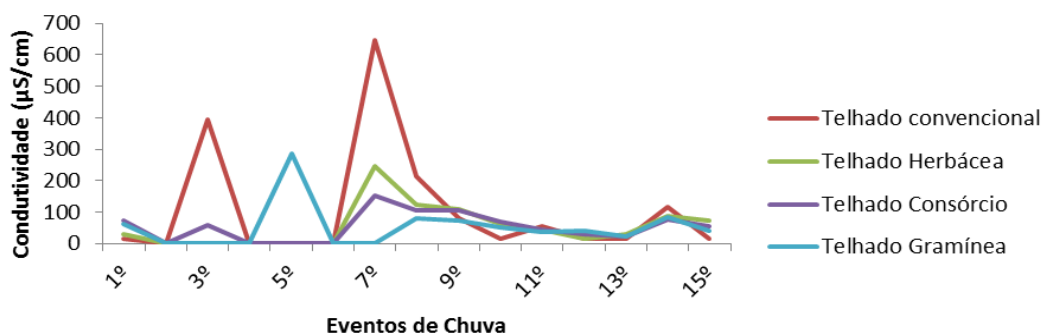


Figura 4. Condutividade elétrica da água captada de quinze eventos de chuva nos módulos experimentais de telhados verdes.

Segundo Renovato et al (2013) a Turbidez é uma medida da capacidade que a água tem de interferir na passagem da luz através dela. A ocorrência de turbidez em corpos de água pode deixar a água com aparência desagradável; como também prejudicar no processo de fotossíntese, tendo em vista que a passagem da luz é fundamental neste processo. O responsável pela existência de turbidez na água são os sólidos.

Na Figura 5 é possível observar que o telhado convencional foi o que exibiu a menor média de turbidez devido a possível menor concentração de sólidos totais neste efluente. O telhado que apresentou maior turbidez foi o de herbácea que apresentou alguns picos máximos de turbidez como o da 2ª e 12ª coletas, sendo respectivamente de 58,9 e 61 UNT. Percebe-se que para ser reutilizado este efluente precisaria passar por um tratamento, pois nenhum dos tipos de telhados está dentro dos padrões estabelecidos pela NBR 15527, que é abaixo de 2 UNT.

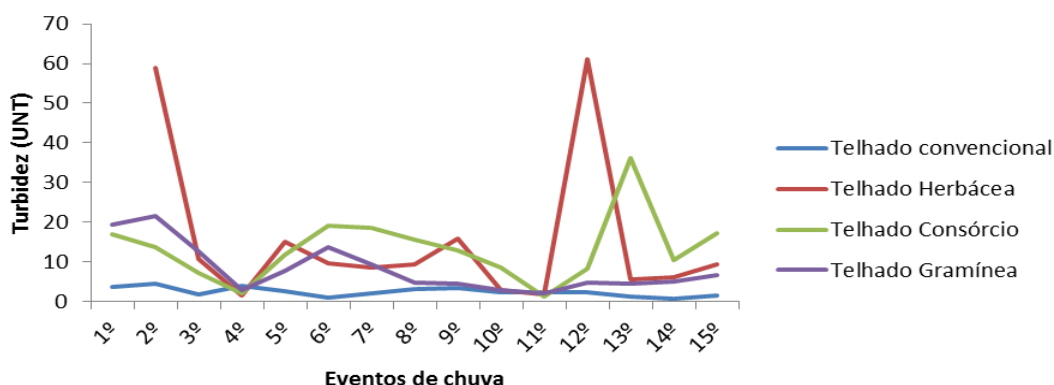


Figura 5. Turbidez da água captada de quinze eventos de chuva nos módulos experimentais de telhados verdes.

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos, podem-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos (CETESB 2009).

O telhado convencional devido a pouca concentração de material sólido apresentaram baixíssima cor aparente, variando de 6 a 34 uH (Figura abaixo). Já nos telhados verdes o de herbácea foi o que apresentou menor cor aparente, que variou de 35 a 310 uH. Os telhados de consórcio e gramínea apresentaram variação de 23 a 534 uH e 30 a 507 uH, respectivamente.

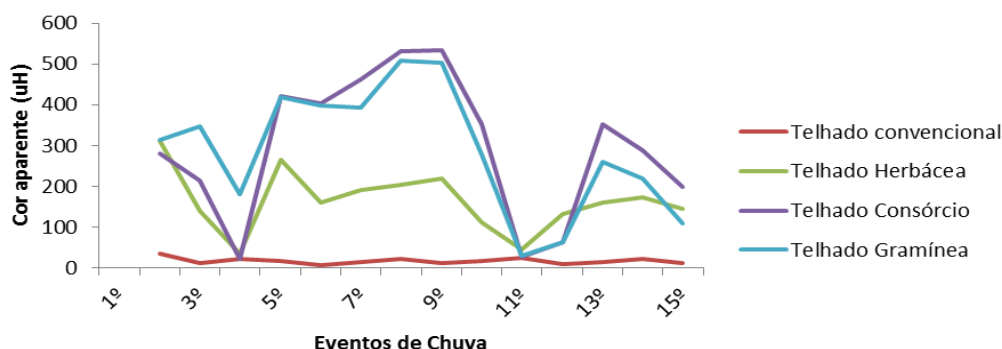


Figura 6. Cor aparente da água captada de quinze eventos de chuva nos módulos experimentais de telhados verdes.

A NBR 15527 estabelece que para reuso para fins não potáveis a cor aparente deste efluente seja no máximo de 15 uH, portanto observa-se que o efluente dos telhados verdes está muito acima do limite estabelecido.

CONCLUSÕES

Este estudo permitirá a adaptação deste sistema às condições climáticas de Cuiabá, MT, norteando uma aplicação em escala real com benefícios para a cidade como redução do escoamento superficial urbano, redução de ilhas de calor, conforto térmico seguido da redução do consumo de energia elétrica devido ao menor uso de aparelhos como ar condicionado, melhorias na qualidade do ar além dos aspectos estéticos. Além de abordar um tema relativamente novo e de extrema importância para o país, pois se trata de um tipo de tecnologia verde que propicia diversos benefícios.

Por meio deste estudo é possível observar que os telhados verdes possuem características qualitativas da água captada significativamente diferenciadas de um telhado convencional, pois apresenta cor aparente e turbidez elevadas. Também é possível observar que o tipo de vegetação influencia na qualidade desta água. Em relação à reutilização desta água para fins não potáveis deve passar por um processo de tratamento antes, a fim de que esteja dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. No entanto para melhor caracterização deste efluente é necessário que mais parâmetros de qualidade da água sejam analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR – 15527 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. 12p. 2007.
2. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington: American Public Health Association, AWWA, WPCF, 2012.
3. BERNDTSSON, J. C., EMILSSON, T., BENGTTSSON, L. The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. Sci. Total Environ. 355 (1–3), 48–63, 2006.
4. CLARK, C.; ADRIAENS, P.; TALBOT, F. B. Green roof valuation: A probabilistic economic analysis of environmental benefits. Environmental Science and Technology, v.42, n.6, p.2155–2161, 2008.
5. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Variáveis de qualidade de água. São Paulo, 2009. Visualizado dia 10 de maio de 2015. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/125-variaveis-de-qualidade-das-aguas-e-dos-sedimentos>
6. HATHAWAY, A. M. HUNT, W. F. JENNINGS G. D. A field study of green roof hydrologic and water quality performance. American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0001-2351. Vol. 51(1): 37-44. 2008.
7. RENOVATO, D. C. C. SENA, C. P. S. SILVA, M. M. F. Análise de parâmetros físico-químicos das águas da barragem pública da cidade de Pau dos Ferros (RN) – pH, cor, turbidez, acidez, alcalinidade, condutividade, cloreto e salinidade. IX CONGIB. 2013.

8. ROWE, D. B. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*, v.159, p.2100-2110, 2011.
9. TEEMUSK, A.; MANDER, Ü. The Influence of Green Roofs on Runoff Water Quality: A Case Study from Estonia. *Water Resour Manage* 25:3699–3713, 2011.
10. UHL, M.; SCHIEDT, L. Green Roof Storm Water Retention –Monitoring Results. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008.
11. YANG, J.; YU, Q.; GONG, P. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, v.42, n.31, p.7266–7273, 2008.