



Resumo - PIBIC/CNPq

Parâmetros de Qualidade para Reúso de Águas Pluviais Procedentes de Telhados Verdes: Irrigação de Hortaliças

Aluna: Jéssica Sansigolo **RA:** 199523

Orientador: Prof. Dr. Felipe Benavente Canteras

1. Introdução

A água é um recurso de muita importância, pois influencia as funções ecológicas e desempenha um papel importante no desenvolvimento de programas socioeconômicos, de modo que o aumento na escassez da água é observado como ameaça universal (RADINGOANA; DUBE; MAZVIMAVI, 2020). Considerando a agricultura o setor que mais está afetado pela escassez de água, já que responde por 70% da utilização de água doce e mais de 90% do consumo (NORTON-BRANDÃO et al., 2013). Tendo essa urbanização crescente em andamento envolvendo o uso insustentável dos sistemas naturais criando numerosos problemas dentro e fora das cidades.

Como alternativa, é imprescindível o uso controlado e eficiente desse recurso, bem como medidas de reutilização como conservação de água. Conservar a água implica atuar de maneira sistêmica no gerenciamento de suprimentos e demanda, com objetivo de minimizar a necessidade de abastecimento de água e tratamento, ambos associados a altos custos que podem ser ambiental e socialmente prejudiciais (CARVALHO et al., 2013).

Uma estratégia importante para enfrentar os problemas de adensamento urbano e cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas é tornando o ambiente urbano mais verde (MANSO et al., 2020). A infraestrutura verde, como os telhados verdes, têm vários benefícios ambientais, sociais e econômicos e consistem basicamente em uma camada de vegetação, uma camada de substrato (onde a água é retida e a vegetação está ancorada) e uma camada de drenagem (para evacuar o excesso de água) (MENTENS; RAES; HERMY, 2006).

Existe, por outro lado, uma lacuna no conhecimento sobre possíveis impactos das águas pluviais de reúso na saúde das culturas. Isso implica que, se estas águas não causarem impacto nas lavouras, tanto pequenos produtores como comunidades podem reutilizar águas procedentes de construções verdes para irrigação em pequena escala, o que aumentará a alimentação de forma segura do consumo destes em nível doméstico (RADINGOANA; DUBE; MAZVIMAVI, 2020).

O presente projeto visa fornecer uma visão geral sobre a importância do estudo e avaliação dos parâmetros de qualidade para reaproveitamento das águas pluviais captadas de Telhados Verdes como um método de conservação de água, comparando com os parâmetros escolhidos e seus respectivos limites para viabilidade do uso em irrigação de hortaliças.

2. Objetivo

O objetivo do estudo é avaliar a qualidade das águas pluviais captadas de Telhados Verdes a partir dos parâmetros pH, DQO, Sólidos Totais Dissolvidos, Turbidez, Cor Verdadeira e Nitrito e verificar a possibilidade de reutilização para rega de hortaliças, confrontando os resultados com as legislações nacionais sobre o tema.

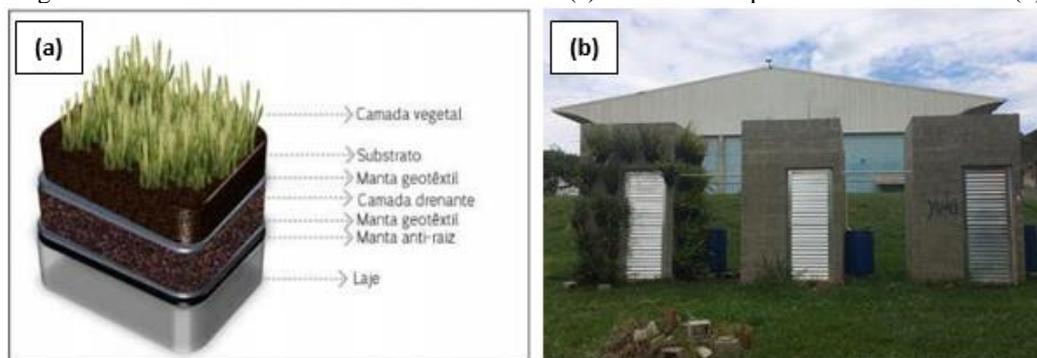


3. Metodologia

O protótipo construtivo utilizado no desenvolvimento deste projeto foi o modelo constituído de laje impermeabilizada, manta anti-raiz, camada drenante de argila expandida, manta geotêxtil, substrato e duas espécies vegetais, *Hemigraphis alternata* e *Chlorophytum comosum* (Figura 1a).

Foram utilizados três módulos experimentais de alvenaria estrutural, já construídos na Faculdade de Tecnologia – UNICAMP (Figura 1b). O módulo de controle possui sua cobertura impermeabilizada e não terá nenhum tipo de construção verde, tipificando as construções convencionais. Os outros módulos contendo os telhados verdes com as respectivas espécies vegetais escolhidas, as quais foram feitas as captações das águas pluviais para estudo da qualidade segundo os parâmetros escolhidos para irrigação de hortaliças.

Figura 1: Camadas constituintes do Telhado Verde (a) e Módulos experimentais construídos (b)



Fonte: LAZARO (2020) (a) e Autoria Própria (b)

4. Resultados e Discussão

Os resultados foram obtidos comparando águas das chuvas coletadas nos três diferentes módulos: Telhado Convencional (M1) com aquelas coletadas dos Telhados Verdes: *Chlorophytum comosum* (M2) e *Hemigraphis alternata* (M3) a partir de 15 amostras de chuva (A1-A15) conforme parâmetros (pH, DQO, SDT, Turbidez, Cor Verdadeira e Nitrito) estabelecidos respeitando a legislação vigente com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para Águas Doces enquadradas na Classe 1 (Águas destinadas à irrigação de hortaliças consumidas cruas) e Classe 2 (Águas destinadas à irrigação de hortaliças gerais), uma vez que a qualidade da água usada na agricultura é um fator importante que pode causar impactos no solo ou plantas irrigadas.

4.1 pH

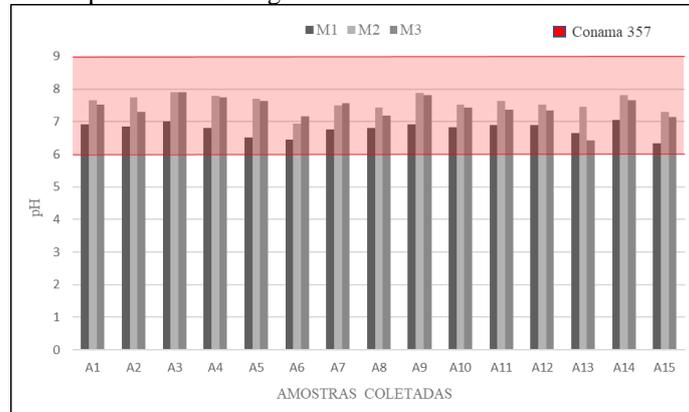
O pH influencia diretamente no crescimento da planta através de seu efeito na disponibilidade de nutrientes, afetando atividades fisiológicas das espécies, como a germinação e o enraizamento da cobertura vegetal (ZHAO *et al.*, 2013). A concentração de hidrogênio no solo é um principais elementos que indicam a distribuição geográficas das plantas na natureza, e em cada planta específica existe um valor mínimo e máximo de pH ideal para seu desenvolvimento (MAXIMOV, 1948), igualmente os efeitos indiretos os quais determinados valores de pH contribuem para a precipitação de elementos químicos tóxicos ou condicionam para efeitos na solubilidade de nutrientes (DE FRAVET; CRUZ, 2007) e seus valores podem limitar o emprego na irrigação.

Os valores de pH encontrados nas coletas do Telhado Convencional eram de 6,0 a 7,0 e os dos Telhados Verdes entre 7,0 e 8,0, se enquadrando todas as coletas na legislação para irrigação de hortaliças Classes 1 e 2 no pH entre 6,0 a 9,0 (Figura 2).



As hortaliças que se desenvolvem melhor nesta faixa de pH (6,0 a 7,5) dos Telhados Verdes são: Acelga, Alcachofra, Alface, Beterraba, Couve-Flor, Espargos, Espinafre, Pimentão, Rabanete, Repolho, entre outros (ANGELETTI; DA FONSECA, 1989).

Figura 2: Valores de pH obtidos nas águas de chuva coletadas nos módulos experimentais



Fonte: Adaptado de Lazaro, 2020.

4.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Química de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio consumido por materiais e substâncias orgânicas e minerais, que se oxidam sob condições definidas, como estima o potencial poluidor (consumidor de oxigênio) de efluentes domésticos visto que a matéria orgânica é responsável pelo principal problema de poluição das águas (BRASIL, 2014), e pode ser um indicativo de alteração na qualidade de água como estima o impacto sobre os ecossistemas aquáticos (ZUCCARI; GRANER; LEOPOLDO, 2005).

Os valores de DQO do Telhado Convencional das coletas eram entre 10 a 100 Mg L⁻¹, e dos Telhados Verdes de 10 a 150 Mg L⁻¹, entanto o parâmetro não é presente na legislação brasileira Conama 357/05, e em outros países as quais está presente para irrigação de hortaliças com água de reúso, como a legislação chinesa por exemplo, é de até 40 Mg L⁻¹ (SHOUSHTARIAN, NEGAHBAN-AZAR, 2020) não estando de acordo com os resultados obtidos, podendo conferir riscos.

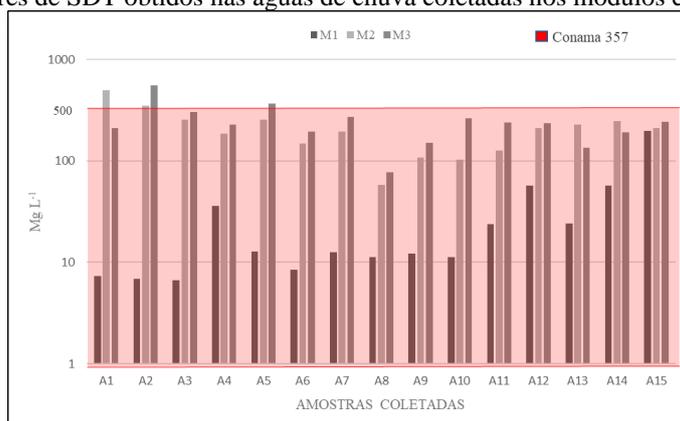
4.3 Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

Os Sólidos Dissolvidos Totais referem-se aos sais inorgânicos e pequenas quantidade de matéria orgânica presentes na solução em água, que podem ocorrer de forma natural nos telhados por processos erosivos, organismos e detritos orgânicos (UFA, 2009). Em excesso causam obstrução nos sistemas de irrigação, além da salinização do solo, dificultando a absorção de água pelas plantas (FRANCO, 2008), sodificação e danificação do solo, como redução da velocidade de infiltração da água, afetando o rendimento de hortaliças (FERREIRA et al., 2019), e ainda podendo ser censurável para os consumidores devido o sabor resultante (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1996).

Os valores de SDT do Telhado Convencional se situam de 10 a 250 Mg L⁻¹, e o dos Telhados Verdes na faixa de 100 a 550 Mg L⁻¹, em duas coletas esteve acima do limite máximo da legislação de até 500 Mg L⁻¹ para irrigação de Classe 1 e 2 (Figura 3), conferindo risco moderado segundo Nakayma & Bucks (1986).



Figura 3: Valores de SDT obtidos nas águas de chuva coletadas nos módulos experimentais



Fonte: Adaptado de LAZARO, 2020.

4.4 Turbidez

Turbidez é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão como partículas inorgânicas e detritos orgânicos (FRAVET; CRUZ, 2007). A turbidez para irrigação é um indicador que determina a presença de sedimentos em suspensão na água, que em excesso podem obstruir o sistema de irrigação e para o ambiente aquático altos valores de turbidez podem reduzir a taxa fotossintética e a quebra da estabilidade ambiental (FRANCO, 2008).

Os valores de turbidez do Telhado Convencional se encontravam de 0 a 15 NTU e dos Telhados Verdes, consistentemente mais turvos, entre 0 e 20 NTU, enquadrando todas análises dentro da legislação de até 40 NTU para hortaliças de Classe 1 e até 100 NTU para hortaliças de Classe 2, mostrando-se ideais para irrigação de hortaliças.

4.5 Cor Verdadeira

A cor de uma água é normalmente devido à decomposição orgânica, advindos de degradação de plantas e animais. Removendo o material em suspensão por centrifugação ou filtração, diz-se que a Cor é Verdadeira. É um parâmetro que se relaciona com Sólidos Dissolvidos Totais, uma vez que confere problemas de estética, de forma que presença de cor provoca repulsa pelo consumidor (PIVELI, 2000). E, ainda nos telhados verdes, a cor da água é amarronzada, explicada pelo acúmulo de sedimentos, através da presença de vegetação e substrato (SANTOS et al, 2011).

Os valores de Cor Verdadeira para o Telhado Convencional se situam de 1,0 a 80 mg PtCo L⁻¹ e os Telhados Verdes de 20 a 75 mg PtCo L⁻¹. O limite na legislação é Nível de Cor Natural para Classe 1, sem cor de considerável intensidade e até 75 mg PtCo L⁻¹ para Classe 2. Não esteve em conformidade com a legislação em duas coletas, apesar da mudança de cor não conferir nenhum problema direto, em geral o estético é o que causa efeito repulsivo (CETESB, 2005).

4.6 Nitrito

O Nitrito é um composto intermediário do processo de nitrificação, em que a amônia é transformada por bactérias para nitrito e a seguir para nitrato, sendo tóxico para muitos organismos (BARBIERI, et al., 2014). A presença de Nitrito indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica, indica presença de óxidos de nitrogênio (NO_x) (ARBEX et al., 2004) como possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias (ALABURDA; NISHIHARA, 1998), e ainda sendo tóxico para as plantas (RAIJ, 1991).

Os valores de Nitrito encontrados no Telhado Convencional eram de 50 a 250 µg/L e os dos Telhados Verdes de 60 a 1600 µg/L. O limite na legislação para as Classes 1 e 2 é de até 1000 µg/L, sendo extrapolado em uma única análise, que pode ser explicada por eventos como queimadas e aumento da frota veicular (GREGOIRE; CLAUSEN, 2011).



5. Conclusão

- Apenas os parâmetros pH e turbidez se mantiveram dentro dos limites estabelecidos em todas coletas, conforme CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005). Os outros parâmetros, em um ou mais momentos estiveram maiores que o aceitável, não estando em concordância sobre às necessidades das culturas de hortaliças, proteção da saúde pública e impossibilitando garantir as condições do solo e água subterrânea sustentáveis.
- Os Telhados Verdes podem oferecer algum risco a partir deste modelo de infraestrutura e componentes específicos, segundo padrão estabelecido pelo CONAMA.

6. Referências

- ALABURDA, Janete; NISHIHARA, Linda. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. Rev. Saúde Pública, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 160-165, Abril. 1998. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101998000200009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 08 out. 2020.
- ANGELETTI, M. da P.; DA FONSECA, A. F. A. Instruções técnicas para o cultivo comercial de hortaliças em Rondônia. Embrapa Rondônia-Circular Técnica (INFOTECA-E), 1989.
- ARBEX, M. A.; CANÇADO, J. E. D.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P. H. N. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v. 30, n. 2, p. 158-175, 2004.
- BARBIERI, E. et al. Concentrações do nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato em áreas de engorda de ostras no município de Cananéia-SP. O Mundo da Saúde, São Paulo, 2014; 38(1), P. 105-115.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. 2014.
- CARVALHO, I. de C., CALIJURI, M. L., ASSEMAN, P. P., SILVA, M. D. F. M. e, MOREIRA NETO, R. F., SANTIAGO, A. da F., & DE SOUZA, M. H. B. (2013). Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. Resources, CETESB, Qualidade da água. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAdice-D-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade.pdf>. Acesso em: 07 out. 2020.
- FERREIRA, DOUGLISNILSON DE MORAIS *et al.* WASTEWATER USE IN AGRICULTURE: ANALYTICAL LIMITS OF SEWAGE FOR IMPACT CONTROL IN BRAZIL. Rev. Caatinga, Mossoró, v. 32, n. 4, p. 1048-1059, 1 out. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n421rc>. Acesso em 01 out. 2020.
- FRANCO, Renato Alberto Momesso. QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO COQUEIRO NO NOROESTE PAULISTA. 2008. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2008.
- FRAVET, Ana Maria Morato Fávero de; CRUZ, Raimundo Leite. 2007. QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA PARA IRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS NA REGIÃO DE BOTUCATU-SP. Irriga, Botucatu, v. 12, n. 2, p.144-155.
- GREGOIRE, B. G.; CLAUSEN, J. C. Effect of a modular extensive green roof on stormwater runoff and water quality. Ecological Engineering, v. 37, p. 963-969, 2011.
- LAZARO, Pedro Henrique Branco. AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DE ÁGUA DE CHUVA DE TELHADOS VERDES PARA USOS NÃO POTÁVEIS. 2020. Dissertação (Mestre em Tecnologia) - Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2020.
- MANSO, Maria; TEOTÔNIO, Inês; SILVA Cristina M.; CRUZ, Carlos O. Green roof and green wall benefits and costs: A review of the quantitative evidence, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 135, 2020, 110111, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110111>. Acesso em: 03 out. 2020.
- MAXIMOV, N.A. Fisiologia vegetal. Buenos Aires: ACME Agency, 1948. 433p.
- MENTENS, Jeroen; RAES, Dirk; HERMY Martin. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?. Landscape and Urban Planning, Volume 77, Issue 3, 2006, P. 217-226, ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.010>.
- NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. Transaction of the ASAE, St Joseph, v. 24, p.77-80, 1991.
- NORTON-BRANDÃO, D., SCHERRENBERG, S.M., VAN LIER, J.B., 2013. Reclamation of used urban waters for irrigation purposes – a review of treatment technologies. J. Environ. Manage. 122, 85–98.
- PIVELI, Roque Passos. 2000. Curso: “Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos”. <https://fdocumentos.tips/document/fasciculo-5-caracteristicas-fisicas-das-aguas>. Acesso em 15 agosto 2020, v. 21, n. 05, p. 2015.
- RADINGOANA, Makgalake P.; DUBE, Timothy; MAZVIMAVI, Dominic. Progress in greywater reuse for home gardening: Opportunities, perceptions and challenges. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2020.102853>. Acesso em: 08 out. 2020.
- RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17.mar. 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 18.mar.2005.
- SANTOS, S. M.; MARINHO, E. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, C. M. M.; ARAÚJO, T. F.; BARROS, E. S. Estudo da qualidade da água de um telhado verde no agreste pernambucano. In: World Water Congress, XIV. Porto de Galinhas, PE. Anais... Porto de Galinhas, PE: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 2011. 1 CD ROM.
- SHOUSHARIAN, Farshid; NEGAHBAN-AZAR, Masoud. Worldwide Regulations and Guidelines for Agricultural Water Reuse: A Critical Review. Water. 12. 971. 10.3390/w12040971, 2020.
- UFA - Universidade Federal de Alagoas; UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Princípios de hidrologia ambiental. Curso de aperfeiçoamento em gestão de recursos hídricos. [2009 ?].
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (Geneva) (ed.). Total dissolved solids. Guidelines for drinking-water quality. 2. ed. Austria: WHO, 1996. v. 2, cap. 13.33, p. 367-369. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/38551>. Acesso em: 01 out. 2020.
- ZHAO, Daqiu et al. Effects of pH in irrigation water on plant growth and flower quality in herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). Scientia Horticulturae. Yangzhou, fev. 2013. p. 45-53.
- ZUCCARI, Maria Lucia; GRANER, Celso Augusto Fessel; LEOPOLDO, Paulo Rodolfo. DETERMINAÇÃO DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) EM ÁGUAS E EFLUENTES POR MÉTODO COLORIMÉTRICO ALTERNATIVO. Energ. Agric., Botucatu, v. 20, n. 4, p.69-82, abr. 2005.