

POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DO EXCESSO HÍDRICO PARA IRRIGAÇÃO DE “TETOS ECOLÓGICOS” EM DUAS ZONAS BIOCLIMÁTICAS NO ESTADO DE MATO GROSSO

POTENTIAL USE OF WATER EXCESS FOR IRRIGATION ON GREEN ROOFS IN TWO BIOCLIMATIC ZONES IN THE STATE OF MATO GROSSO - BRAZIL

Nathan Louzada VIEIRA¹; Tadeu Miranda de QUEIROZ²; Minéia Cappellari FAGUNDES²; João Carlos Machado SANCHES²

1. Graduando, Departamento de Engenharia de Produção Agroindustrial, Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Barra do Bugres, MT, Brasil. nathan_lv@hotmail.com; 2. Doutor(a), Departamento de Engenharia de Produção Agroindustrial, Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Barra do Bugres, MT, Brasil.

RESUMO: Teto ecológico além de ser uma alternativa estética para habitações contribui com a melhoria do conforto e da eficiência térmica do ambiente construído, mas demanda considerável quantidade de água de irrigação. Objetivou-se com o presente trabalho analisar a disponibilidade hídrica, avaliando a possibilidade da utilização do excesso da água a ser armazenado em um reservatório para irrigação de Tetos Ecológicos nas cidades de Rondonópolis e Vera, MT. O trabalho foi realizado utilizando uma série de dados históricos disponibilizados pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, os quais foram utilizados para estimativa da evapotranspiração e do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) utilizando uma Capacidade de Água Disponível (CAD) de 12 mm para o BHC. Estimou-se o volume e a área de um reservatório em função da área coletora de um telhado de 100 m², tal como o volume de água complementar para irrigação. Constatou-se que na cidade de Rondonópolis a utilização de Tetos Ecológicos é comprometida pela deficiência hídrica, sendo esta suprida em apenas 75% com o excesso de água estimado, já no município de Vera o excesso hídrico pode suprir a 100% do déficit e ainda dispor um excedente de 46%. O volume estimado do reservatório para acumular o excesso de água da cidade de Rondonópolis foi de 37,2 m³ e o de Vera de 101,7 m³. Concluiu-se que é possível acumular o excesso de água da chuva do período chuvoso para irrigar tetos ecológicos no período de estiagem.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico climatológico. Sustentabilidade. Precipitação.

INTRODUÇÃO

A utilização de Tetos Ecológicos (tipo de jardim suspenso), tem se tornado cada vez mais comum, especialmente nos países europeus, mas há indicadores de crescimento do emprego dessa técnica também no Brasil.

Esse tipo de cobertura necessita ser irrigado constantemente, o que inaugura no novo tipo de consumo de água nas cidades, onde a disponibilidade hídrica está condicionada ao fornecimento de água tratada pelas companhias de saneamento e abastecimento urbano. Diante disso, o aproveitamento do excesso pluviométrico pode constituir uma importante fonte para irrigação se tornando viável em substituição a água encanada. Dessa forma, pode-se contribuir para diminuição do volume hídrico consumido, gerando também economia no sistema de tratamento e na conta do usuário. Para tanto, é necessário conhecer a disponibilidade e a demanda hídrica em escala regional.

Em regiões tropicais, como o estado de Mato Grosso, a utilização dessas coberturas podem constituir alternativas viáveis para minimizar as altas temperaturas do interior das edificações, o que

segundo Oberndorfer et al. (2007) é possível pois, o mesmo reduz o fluxo de calor através telhado, promovendo a evapotranspiração e o aumento do isolamento térmico. Em um estudo feito no Japão Onmura et al. (apud OBERNDORFER et al., 2007), constataram uma redução no fluxo de calor de 50% ao ano com a utilização desse tipo de cobertura. Vecchia (2005) comparou a temperatura interna de módulos construtivos com diferentes telhados e observou que num dia de temperatura externa de 34°C, a temperatura máxima no interior do módulo de cobertura verde foi de 28,8°C, bem menor do que as encontradas para as demais coberturas: telha cerâmica (30,4°C), aço galvanizado (45°C), telha de fibrocimento (31°C) e laje de concreto (34,7°C), evidenciando a eficiência de isolamento térmico deste tipo de cobertura. Além dessa vantagem, Castro e Goldenfum (apud MELLO et al., 2010) afirmam que, o uso de Tetos Ecológicos contribui para a limpeza da água pluvial, redução da poluição e também para redução da emissão de carbono.

Junior et al. (2007), afirmam que conhecer o comportamento das chuvas auxilia na determinação de períodos críticos predominantes em determinadas regiões e fornece informações importantes para reduzir as consequências causadas pelas flutuações

do regime pluviométrico. O Brasil tem duas estações bem definidas uma chuvosa e outra seca, o que pode acarretar em déficit e excessos hídricos durante o ano. De acordo com Back (2007), existem vários modelos de Balanço Hídrico que são utilizados para estudar probabilidades de ocorrências de estiagens ou excessos hídricos.

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) de Thornthwaite e Mather (1955) é utilizado para contabilizar o excesso e déficit hídrico, pode ser aplicado para classificação climática, caracterização hidrológica, para gestão da água, estudos ambientais; e planejamento agrícola definindo o uso da terra e práticas agrícolas (DOURADO-NETO et al., 2010).

Dentro deste contexto, o objetivo do presente trabalho foi analisar a disponibilidade hídrica, avaliando a possibilidade da utilização do excesso da água para irrigação de Tetos Ecológicos nas cidades de Rondonópolis e Vera, MT.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Rondonópolis está localizado no sudeste do estado de Mato Grosso, na zona bioclimática 6 e apresenta médias mensais de temperatura que variam em torno de 27 °C. Suas coordenadas geográficas são: Latitude 16° 28' 17" Sul, Longitude 54° 38' 14" Oeste e Altitude de 222 m. O clima na região é o tropical subúmido (classificação climática de Köppen Aw). Vera (Latitude: 12° 18' 21" Sul, Longitude: 55° 19' 01" Oeste e Altitude 383 m) está localizada no norte Mato-Grossense, na zona bioclimática 5 e conta com dois biomas o Cerrado e Amazônia. As médias de temperatura da região variam em torno de 24°C. O clima nessa cidade é equatorial quente e úmido com uma estação seca e outra chuvosa, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Aw. Na Figura 1 é mostrada a localização das regiões estudadas em suas respectivas zonas bioclimáticas.

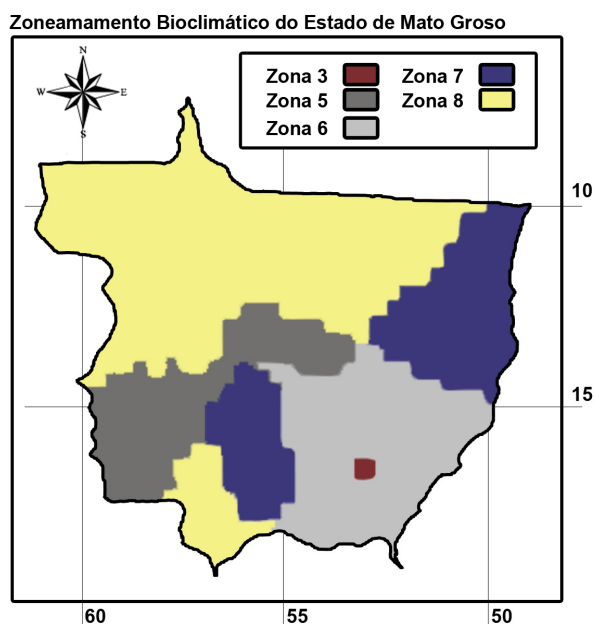


Figura 1. Zonas Bioclimáticas do Estado de Mato Grosso.

Fonte: Adaptado de Sanches *et al.* (2011).

Foram utilizados dados históricos de temperatura e precipitação disponibilizados pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, obtidos em uma série de 30 anos (1979 – 2009) para a cidade de Vera e em uma série de 14 anos (1995 – 2009) para a cidade de Rondonópolis, sendo os mesmos calculados com médias trídias utilizados para o BHC de Thornthwaite e Mather (1955) com a Evapotranspiração de FAO-Penman-Monteith (MONTEITH, 1973) recomendado pela FAO (SMITH, 1991).

Para planejamento agrícola utiliza-se uma CAD de 50 a 150 mm em função da profundidade efetiva do sistema radicular e da profundidade do solo (LEIVAS et al., 2006; PORTELA et al., 2008; HEINEMANN et al., 2009). Entretanto, como a técnica do Teto Ecológico exige um substrato em camada delgada há necessidade de reduzir drasticamente este valor. Para tanto, neste estudo utilizou-se uma CAD de 12 mm.

Considerou-se como substrato suporte para a vegetação sobre o telhado, uma camada de solo de 8 cm de espessura, estando esta dentro da faixa

recomendada por Mello et al., (2010) e Cormier e Pellegrino (2008), que sugerem uma espessura entre os limites de 5 e 15 cm. De acordo com Oberndorfer et al. (2007), as condições climáticas tais como chuva e temperatura, podem restringir a utilização de algumas espécies de plantas, por isso é sugerido que sejam utilizadas plantas nativas por causa da sua adaptação ao clima local. O trabalho considerou a utilização de grama como vegetação principalmente por sua baixa necessidade de manutenção e resistência ao déficit hídrico, além de ser a espécie mais recomendada para essa aplicação.

Com o excesso (EXC) obtido através do BHC, pode-se dimensionar o volume de um reservatório de acumulação para armazenar água para o período de déficit (DEF) considerando uma casa hipotética de 100 m².

O Volume (m³) do Reservatório (VR) foi obtido fazendo o produto do EXC (mm = L.m²) pela Área do Teto Ecológico (ATE). Foi estimado também o Volume Complementar de Água (VCA) para atender à demanda do telhado verde durante o período de estiagem. O VCA foi obtido pelo produto da ATE pela diferença entre DEF e EXC. Estimou-se também o Diâmetro (D) e a Largura (L) para reservatórios de secção circular e quadrada, respectivamente. Foi considerada para o reservatório uma profundidade de 5m a fim de evitar a cavitação da bomba e a variação excessiva da altura manométrica com a alteração da lâmina d'água.

RESSULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentadas as médias mensais de precipitação das duas cidades estudadas.

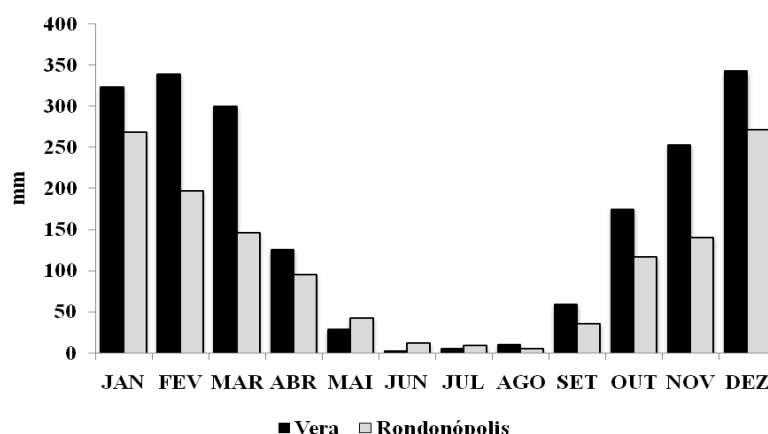


Figura 2. Médias mensais de pluviosidade para as cidades de Vera e Rondonópolis.

As médias anuais de pluviosidade do estado de Mato Grosso variam de 1000 a 2000 mm, sendo que, Rondonópolis e Vera apresentam medias de 1345,51 mm e 1968,13 mm, respectivamente.

Na Figura 3 é mostrado o extrato do Balanço Hídrico Climatológico da cidade de Rondonópolis.

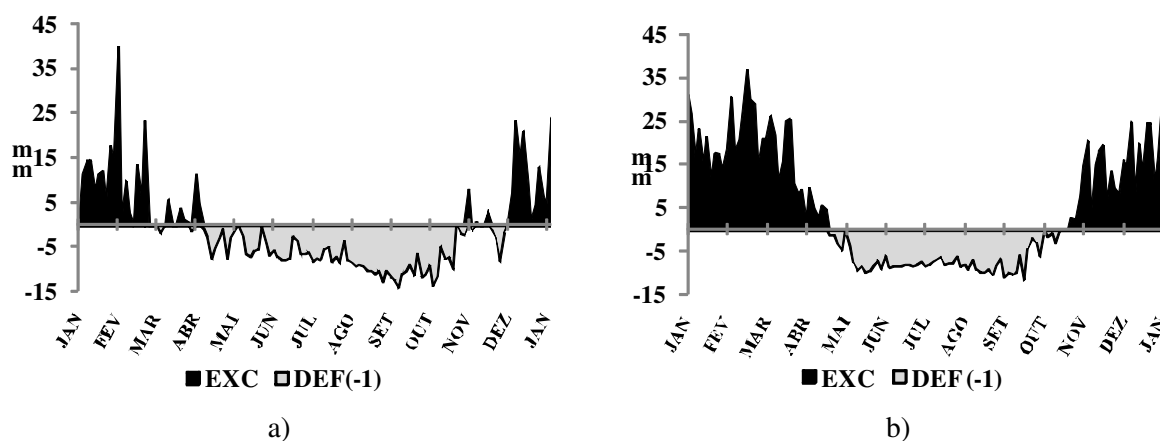


Figura 3. Balanço Hídrico Climatológico de Rondonópolis (a) e Vera (b).

Como mostrado na Figura 3a, o município de Rondonópolis apresenta mais meses com deficiência hídrica do que meses com excesso, sendo que, o seu período de estiagem começa por volta do dia 07 de abril e termina no dia 27 de novembro, as chuvas são concentradas entre os meses de dezembro e março mais precisamente entre os dias 28 de novembro e 6 de abril. O excesso total de água estimado deste município é de 372,29 mm, já o déficit 493,28 mm. Considerando uma capacidade de armazenamento de 100 %, observa-se que o excesso de água da cidade de Rondonópolis pode suprir apenas 75% da sua deficiência hídrica onde 25% necessitam de irrigação complementar. Uma opção para solução desse problema seria o aproveitamento da água residencial, como por exemplo, a água utilizada no banho familiar, ou ainda realizar irrigação com déficit apenas para manter a planta viva no período de estiagem, sendo

que essa segunda opção apresenta duas desvantagens, a estética e a redução do conforto ambiental, pois, é nesse período que a temperatura se eleva.

Já o município de Vera (Figura 3b), apresenta excesso hídrico maior, podendo o mesmo suprir a sua deficiência de água em 100% e ainda dispor um excedente de 46%, o qual pode ser usado para outros fins tais como, lavagem de calçadas e também a irrigação de jardins não suspensos. O período de estiagem começa no dia 19 de abril e termina no dia 16 de outubro com déficit total de 412,74 mm, já as chuvas são concentradas no período que vai do dia 17 de outubro ao dia 18 de abril com excesso hídrico de 1016,67 mm.

Na Tabela 1 são mostrados os resultados de volume e dimensões de reservatórios em função da área do Teto Ecológico que funciona como superfície coletora do Excesso.

Tabela 1. Área do Teto Ecológico (ATE), Volume do Reservatório (VR), Volume Complementar de Água (VCA), Diâmetro do Reservatório Circular (D), Largura do Reservatório quadrado (L), Área da Superfície do Reservatório (ASR) e Relação ASR/ATE.

Cidades	ATE (m ²)	VR (m ³)	VCA (m ³)	D (m)	L (m)	ASR (m ²)	ASR/ATE
Rondonópolis	100	37,2	12,1	4,74	3,72	7,45	0,0745
Vera	100	101,7	-	12,95	10,17	20,33	0,2033

Considerando uma casa hipotética de 100 m², o volume estimado do reservatório para acumular o excesso de água da chuva para as cidades de Rondonópolis e Vera foi de 37,2 m³ e 101,7 m³ respectivamente, de fato com esses valores, a área a ser utilizada para alocação dos reservatórios tende a ser alta principalmente em Vera, que apresentou a área da superfície do reservatório de 20,33 m². Isso pode comprometer a utilização do Teto Ecológico, pois esse fato pode ser um fator limitante a utilização do reservatório, pois, requer uma área considerável para instalação e também pelo elevado custo da terra. Uma solução cabível seria diminuir a área da superfície do reservatório e aumentar a profundidade, mas essa decisão poderá gerar problemas para o sistema de bombeamento, como cavitação da bomba e excessiva variação da altura manométrica.

CONCLUSÃO

Conclui-se que, a utilização de Tetos Ecológicos no município de Rondonópolis é comprometida, pois, o seu excesso hídrico não pode suprir a demanda de água no período de estiagem. Já no município de Vera o excesso de água é mais que suficiente para abastecer o déficit no período de seca.

O volume estimado do reservatório para acumular o excesso de água da chuva para uma altura de lâmina d'água igual a 5 m pode ser um fator limitante a utilização do mesmo. Para a cidade de Vera o volume do reservatório estimado foi de 101,7 m³ e para Rondonópolis 37,2 m³, considerando uma área de telhado de 100 m².

AGRADECIMENTOS

A Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT.

ABSTRACT: Green Roofs besides being an aesthetic alternative to housing, contributes to improved comfort and thermal efficiency of the built environment, but demands considerable amount of irrigation water. Objective of this

study is to analyze the feasibility of using excess water to be stored in a reservoir for irrigation of Green Roofs in the cities of Vera and Rondonópolis, MT. The study was conducted using a series of historical data provided by INMET (National Institute of Meteorology), which were used to estimate off the evapotranspiration and the Climatic Water Balance (CWB). Using an Available Water Capacity (AWC) of 12 mm for the CWB it has been estimated the volume and the reservoir area according to the collecting area of a roof of 100 m² as the amount of additional water for irrigation. It was found that in the city Rondonópolis, the use of green roofs is compromised by the water deficits, which is supplied in only 75% with the estimated excess water. In the city of Vera the water excess can supply 100% of the deficit and still have a surplus of 46%. The estimated volume of the reservoir to collect excess water from the city of Rondonópolis was 37.2 m³ and 101.7 m³ to Vera. It was concluded that it is possible to accumulate excess rainwater during the rainy season to irrigate green roofs in the dry season.

KEYWORDS: Climatic Water Balance. Sustainability. Precipitation.

REFERÊNCIAS

- BACK, Á. J. Variação da evapotranspiração de referência calculada em diferentes intervalos de tempo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, jan./abr. 2007.
- CASTRO, A.; GOLDENFUM, J. Uso de telhados verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano. 2008. *In*: MELLO, G. B. P.; COSTA, M. D. P.; ALBERTI, M. S.; FILHO, R. D. G. F. Estudo da implantação de um telhado verde na faculdade de Engenharia mecânica. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, São Paulo, v. 6, n. 2, dez. 2010.
- CORMIER, N. S.; Pellegrino, P. R. M. Infra-estrutura verde: um a estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem ambiente: ensaios**, São Paulo, n. 25, p. 125 – 142, 2008.
- DOURADO-NETO, D.; LIER, Q.J.V.; METSELAAR, K.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R. General procedure to initialize the cyclic soil water balance by the Thornthwaite and Mather method. **ScientiaAgricola**, Piracicaba, v. 67, n. 1, jan./fev. 2010.
- GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO. Disponível em: <http://www.mt.gov.br/index2.php?sid=97>. Acesso em: 04 Maio 2012.
- HEINEMANN, A. B.; ANDRADE, C. L. T.; GOMIDE, R. L.; AMORIM, A. O.; PAZ, R. L. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no estado de Goiás e suas Consequências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1026-1033, jul./ago. 2009.
- JÚNIOR, J. A. J.; GOMES, N. M.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M. Precipitação provável para a região de Madre de Deus, Alto Rio Grande: modelos de probabilidades e valores característicos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31 n. 3, maio/jun. 2007.
- LEIVA, J. F.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Risco de deficiência hídrica decendial na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 397–407, 2006.
- MELLO, G. B. P.; COSTA, M. D. P.; ALBERTI, M. S.; FILHO, R. D. G. F. Estudo da implantação de um telhado verde na faculdade de Engenharia mecânica. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, São Paulo, v. 6, n. 2, dez. 2010.
- MONTEITH, J. L. **Principles of environmental physics**. Edward Arnold, London, 241p.1973.
- OBERNDORFER, E.; LUNDHOLM, J.; BASS, B.; COFFMAN, R. R.; DOSHI, H.; DUNNETT, N.; GAFFIN, S.; KÖHLER, M.; LIU, K. K. Y.; ROWE, B. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. **BioScience**. v. 57, n. 10, nov. 2007.

ONMURA, S.; MATSUMOTO, M.; HOKOIS. Study on evaporative cooling effect of roof lawn gardens Energy and Buildings. 2001. In: OBERNDORFER, E.; LUNDHOLM, J.; BASS, B.; COFFMAN, R. R.; DOSHI, H.; DUNNETT, N.; GAFFIN, S.; KÖHLER, M.; LIU, K. K. Y.; ROWE, B. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. **BioScience**. v. 57, n. 10, nov. 2007.

PORTELA, G. L. F.; LIMA, M. G.; PADUA, L. E. M.; NETO, F. A. S.; MARTINS, A. B. G. Zoneamento agroclimático da cultura da mangueira o estado do Piauí. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 4, p. 1036-1039, dez. 2008.

SANCHES, J. C. M.; QUEIROZ, T. M.; VIEIRA, N. L. Viabilidade da utilização de Coberturas Verdes em Mato Grosso segundo o Balanço Hídrico Climatológico do estado e o Zoneamento Bioclimático brasileiro. In: 4º Seminário de Habitação e Interesse Social, 2011. **Anais...** Sinop, 2011.

SMITH, M. Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requiremebts. Rome FAO. 45p. 1991.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. Instructions and tables for computing potencial evapotranspirations and the water balance. **Publications in Climatology**, Centerton, v. 10, n. 3, p. 185-311, 1955.

VECCHIA, F. Cobertura verde leve (CVL): ensaio experimental. In: **Anais - Encac – Elacac – 2005**. Maceió, 2005.