

ISSN 0104-1347

Construção e instalação de um lisímetro com sistema de drenagem¹

Construction and installation of lysimeter with drainage system

Ronalton Evandro Machado² e Arthur Mattos³

- NOTA TÉCNICA -

Resumo - O trabalho descreve os procedimentos de construção e instalação de um sistema de drenagem na forma de “espinha de peixe” em um lisímetro com lençol freático de nível constante com o objetivo de evitar a retenção da água das precipitações na caixa principal do lisímetro. O sistema de drenagem foi avaliado pela comparação dos dados de precipitação e de suas respectivas drenagens utilizando o coeficiente de correlação “r” e o índice de concordância “d” de Willmott. Os resultados mostraram um funcionamento eficiente do sistema de drenagem, com o coeficiente de correlação de 0,97 e o índice “d” de 0,91.

Palavras-chave: lisímetro, sistema de drenagem, índice “d”.

Abstract - The paper describes the construction and installation of drainage system in the form of “fish’s spine” in of constant water table lysimeter in order to avoid the retention of additional water provoked by rains in lysimeter main box. The drainage system was evaluated by comparison of precipitation data and of its respective drainages using the correlation coefficient “r” and Willmott’s agreement index “d.” The results showed an efficient operation of the drainage system with the correlation coefficient of 0.97 and the index “d” of 0.91.

Key Word: lysimeter, drainage system, index “d.”

Introdução

Os lisímetros são peças fundamentais na determinação da evapotranspiração, pois, além de permitirem a sua determinação direta, servem de instrumento de calibração para os métodos empíricos.

Pela definição dada por ABOUKHALED et al. (1982), lisímetros são “containers” preenchidos com solo localizados no campo para representar o meio, com superfícies vegetadas (culturas ou grama) para a determinação da evapotranspiração das culturas em crescimento ou cultura de referência, ou sem vegetação para determinar a evaporação de solo nu. Sendo dividido em duas categorias: os lisímetros de

pesagem (mecânica, eletrônica, hidráulica e de flutuação) e não pesáveis também chamados de “volumétricos” (drenagem e compensação com lençol freático constante).

Recentemente tem sido bastante utilizados lisímetros com lençol freático constante, devido a sua boa precisão e a facilidade em variar a profundidade do lençol no seu interior. Este tipo de equipamento encontra-se bastante difundido no Brasil. Autores como PERES (1988), MOURA (1990) e MOURA (1992) utilizaram lisímetros com lençol freático constante em seus experimentos para a determinação do consumo de água pelas culturas, e constataram a facilidade de operação e boa precisão.

¹Parte da dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à EESC/USP.

²Engº Agric., MsC., Doutorando, DER/ESALQ/USP, caixa posta 09, Piracicaba/SP, E-mail : remachad@carpa.ciagri.usp.br

³Livre Docente em Recursos Hídricos pela EESC-USP. Bolsista DCR-CNPQ na UFRN, E-mail : armattos@ct.ufrn.br

Os autores citados utilizaram em seus trabalhos experimentais coberturas móveis na caixa principal do lisímetro para evitar a entrada de água precipitada que interfere no funcionamento do sistema. O uso dessas coberturas pode alterar as condições no ambiente do lisímetro, além de dificultar o seu manejo. CAMARGO (1961) denominou esse excesso de água de detenção incontrolada da umidade no solo dos lisímetros, o que segundo o autor, pode levar a dados de evapotranspiração maior do que a verdadeira. Embora seja um dos métodos mais recomendados para avaliar a evapotranspiração, sua aplicação requer unidades especiais de manejo e operação.

Na tentativa de contribuir para a solução deste problema, o objetivo deste trabalho foi descrever os procedimentos de construção e funcionamento de um lisímetro com nível freático constante, dotado de um sistema de drenagem na forma de “espinha de peixe”, visando evitar a retenção da água gravitacional na caixa principal do lisímetro após as precipitações.

Material e métodos

A área onde foi conduzido o experimento localiza-se na Estação Hidrometeorológica do CRHEA (Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada) do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-SP (latitude 22°11'S e longitude 47°58'W e altitude 733m). A área experimental onde foram instalados os equipamentos para coleta de dados hidrometeorológicos possuía 10.000m² e era vegetada com grama batatais (*Paspalum notatum*, F). O clima da região de acordo com a classificação de Wilhem Köppen é Cwa, clima temperado devido à altitude, com inverno seco, apresentando pouca deficiência de água.

O lisímetro consistiu de um tanque metálico, com dimensões de 1,5 por 2,4m e 1,5m de profundidade, tendo uma área de exposição de 3,6m²; fabricado com chapa de ferro, reforçado internamente por cantoneiras. O lisímetro foi impermeabilizado para evitar vazamento.

Na parte inferior e central do lisímetro foi acoplado um tubo de PVC de 1", por onde se deu o abastecimento de água, que foi ligado através de mangueira a uma caixa de passagem localizada em um abrigo subterrâneo, contendo um sistema de bóias para regular o nível do lençol freático no lisímetro. A caixa de passagem foi ligada através de mangueira ao sistema de alimentação, que consistiu de um tan-

que metálico de volume 0,36m³, por onde se realizou a leitura do volume de água consumida pelo processo da evapotranspiração.

O funcionamento ocorreu do seguinte modo: com a evapotranspiração havia um abaixamento pelo princípio físico dos vasos comunicantes, fazendo com que a caixa de passagem suprisse de água o lisímetro até voltar a estabelecer o equilíbrio; esse suprimento, por sua vez, provocava um rebaixamento no nível da água na caixa de passagem, fazendo com que a agulha da bóia fosse liberada, admitindo água do tanque de alimentação no mesmo volume correspondente a evapotranspiração, volume esse transformado em lâmina correspondente à área de exposição do lisímetro, com leitura direta em escala graduada em milímetros, acoplada ao tubo de vidro indicador do nível da água no tanque de alimentação.

O sistema de drenagem consistiu de 2 tubos de PVC de 2" independentes, localizados na camada de brita, no sentido do comprimento da caixa do lisímetro. A estes dois tubos foram interligados lateralmente outros seis tubos de igual diâmetro, formando uma rede de drenagem na forma de “espinha de peixe” com orifícios, por onde o excesso de água escoava até uma caixa localizada no abrigo subterrâneo.

Dentro dessa caixa, duas tulipas mantinham a água no mesmo nível das bóias do sistema de abastecimento do lisímetro. Após uma precipitação considerável, referindo-se àquela que provoca drenagem, o sistema entrava em funcionamento, drenando o excesso de água para um depósito final graduado, onde se fez a leitura do volume de água drenada.

Para verificação da ocorrência de drenagem, usou-se a seguinte expressão :

$$P > (\theta_{cc} - \theta_a) \cdot p \quad (1)$$

onde P é a precipitação (mm), θ_{cc} a umidade na capacidade de campo, θ_a a umidade atual e p a profundidade inicial do lençol freático (mm).

Quando algum evento de precipitação foi maior, atendendo à expressão (1), ocorreu elevação do lençol freático na caixa principal do lisímetro, provocando a drenagem.

A umidade no solo foi monitorada para acompanhar o movimento da água do lençol à superfície provocada pela capilaridade, podendo-se constatar a eficiência do sistema de alimentação que supria as camadas superficiais do solo, provocando a evapotranspiração máxima; e ao mesmo tempo, acom-

panhar o movimento descendente da água para o interior do solo observando a eficiência do sistema de drenagem, que logo após precipitações consideráveis (precipitações que provocavam percolação), drenava o excesso de água. Foi instalada uma bateria de tensiômetros na caixa principal do lisímetro nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 60 e 80 cm, para monitorar a umidade por meio do potencial mátrico (ψ_m) avaliado pela expressão :

$$\psi_m = - 12,6h + hc + z \quad (2)$$

onde h, hc e z, representam respectivamente, a leitura da coluna de mercúrio (cm Hg), a altura da cuba de mercúrio em relação à superfície do solo (cm de H_2O) e z a profundidade de instalação do tensiômetro (cm de H_2O).

As operações no lisímetro consistiram em leituras diárias no tanque de alimentação, no tanque de drenagem e nos tensiômetros. O esquema de montagem do lisímetro está apresentado nas Figuras 1, 2 e 3.

A análise dos dados foi desenvolvida pela comparação entre a precipitação e suas respectivas drenagens, utilizando o coeficiente de correlação da análise de regressão linear para estabelecer o nível de significância pelo teste "t", traçando-se uma reta teórica que representa a correlação perfeita entre os valores, conhecida como reta 1:1 (um para um) ou de 45°. Quanto menor a dispersão dos pontos ao redor

da reta 1:1, melhor é a previsibilidade do modelo. Entretanto, o r não deve ser utilizado individualmente em uma análise de desempenho, devido ao fato de que o r, muitas vezes, não está relacionado com o tamanho da diferença entre um valor padrão e um valor previsto por modelos de estimativa ou outros mecanismos de medida diferentes do padrão (WILLMOTT & WICKS 1980). Para se quantificar a homogeneidade da dispersão em relação à reta 1:1 empregou-se o teste de concordância de WILLMOTT (1981) :

$$D = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (3)$$

onde, P_i é o valor estimado, O_i o valor observado e O a média dos valores observados. A faixa de valores do índice d varia entre 0 (zero) para nenhuma concordância a 1 (um) para uma concordância perfeita.

Resultados e discussão

O sistema de drenagem na forma de "espinha de peixe" foi assim montado para cobrir toda a área da caixa do lisímetro, e proporcionar uma maior rapidez na drenagem do excesso de água. Com o objetivo de estudar a relação entre a precipitação e a drenagem, foram selecionados os eventos de precipitação e suas respectivas drenagens no período de fevereiro a junho de 1994, cujos valores estão apresentados na Figura 4.

Desses valores verificou-se que precipitações superiores a 9mm (transformados em litros, considerando a área de exposição do lisímetro) provocavam drenagem. Com estes dados selecionados foi desenvolvida a análise de regressão linear, obtendo-se um coeficiente de correlação igual a 0,97, significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t, resultando na seguinte expressão :

$$D = - 24,16 + 0,91 \times P$$

onde D é a drenagem e P a precipitação.

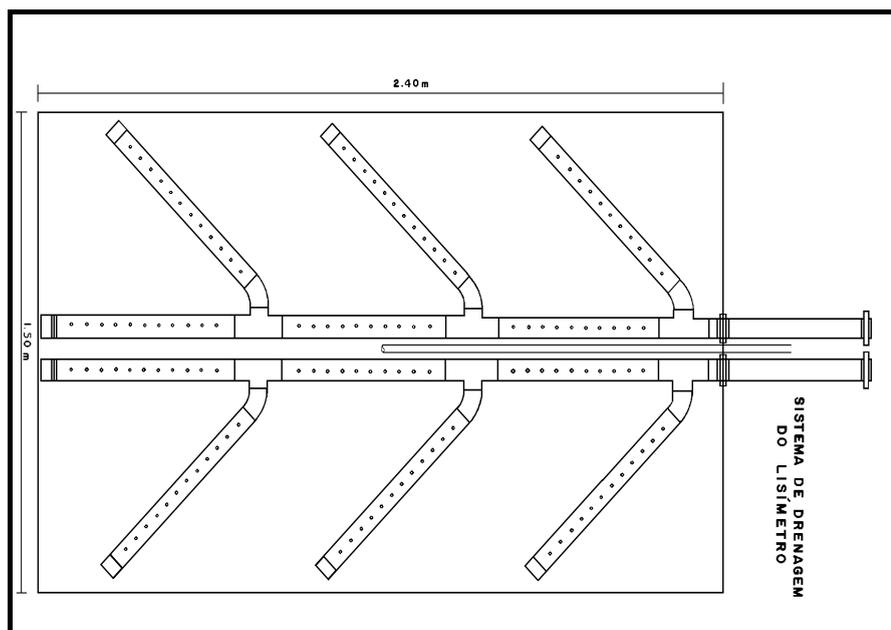


Figura 1. Sistema de drenagem na forma de "Espinha de Peixe" na caixa principal do lisímetro.

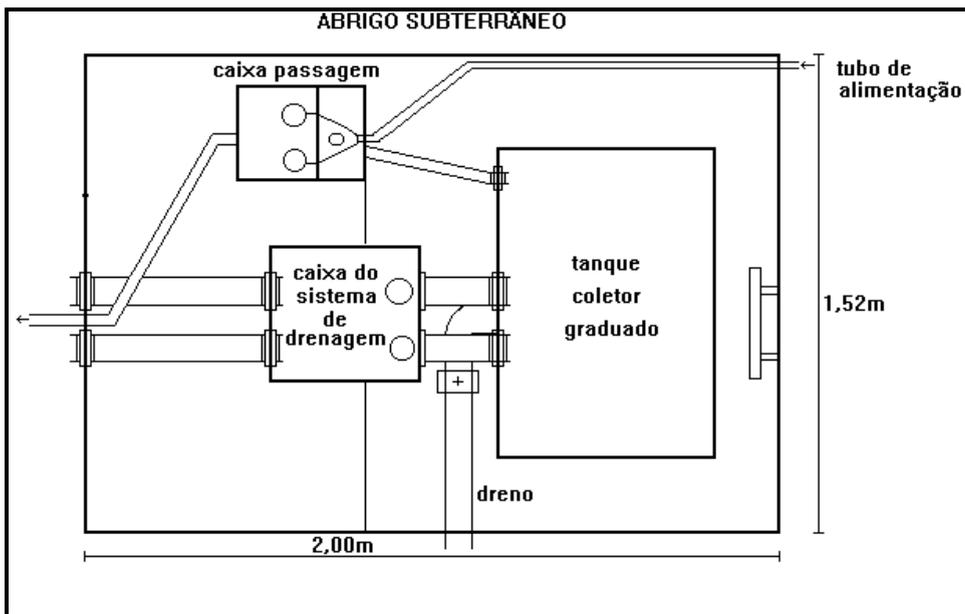


Figura 2. Representação esquemática do abrigo subterrâneo.

A representação gráfica da análise de regressão entre a água drenada e a precipitação é apresentada na Figura 5. Observa-se que houve uma boa concordância entre a precipitação e a drenagem, onde a linha representativa da equação de regressão teve uma boa aproximação na reta 1:1. O bom desempenho pode ser atestado tanto pela precisão, “ r ” = 0,97, como pela sua exatidão, “ d ” = 0,91.

Os resultados mostraram que o sistema de drenagem logo após as precipitações entrava em funcionamento retirando o excesso de água. Esta drenagem era mais eficiente para as precipitações de maior intensidade, devido ao maior volume de umidade adicional, o que provoca um fluxo mais rápido da água para as camadas inferiores do solo. Após leituras posteriores nos tensiômetros, observou-se que a umidade do solo voltava a valores próximos da capacidade de campo, o que confirma a eficiência do sistema de drenagem. Como existe um processo constante de infiltração da água até sua completa percolação para as camadas inferiores do solo, o fluxo da água ainda perdura por algum tempo, sendo maior ou menor, em função da intensidade da precipitação e da umidade atual do solo.

As medidas de evapotranspiração no lisímetro comparadas com as estimadas pelo método de Penman

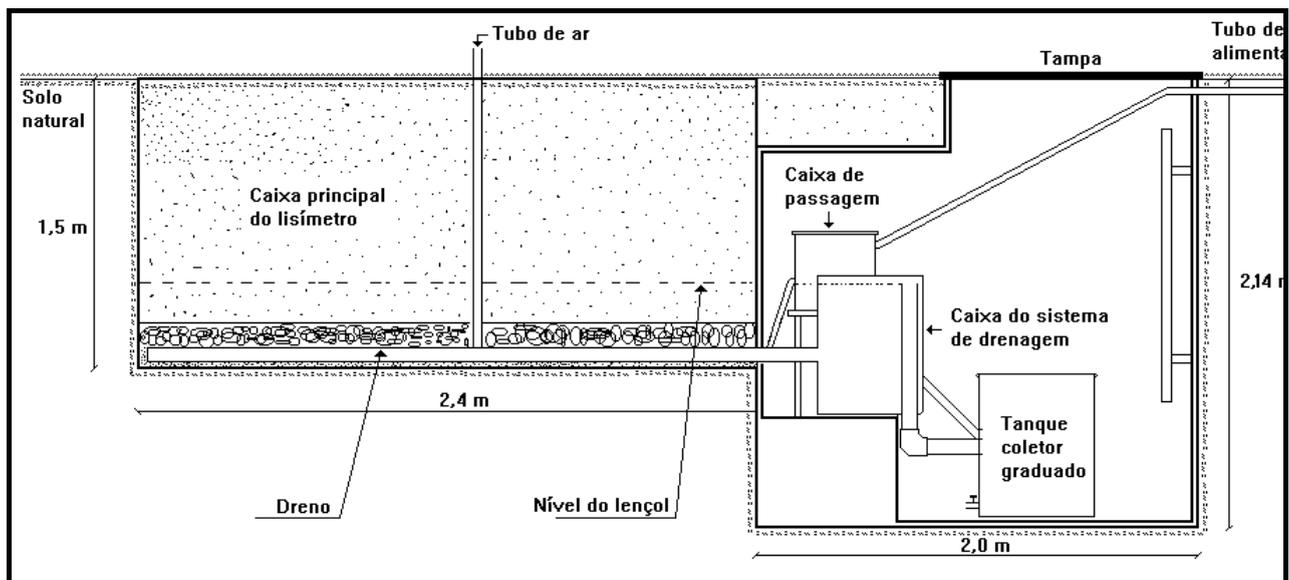


Figura 3. Perfil da caixa principal e do abrigo subterrâneo.

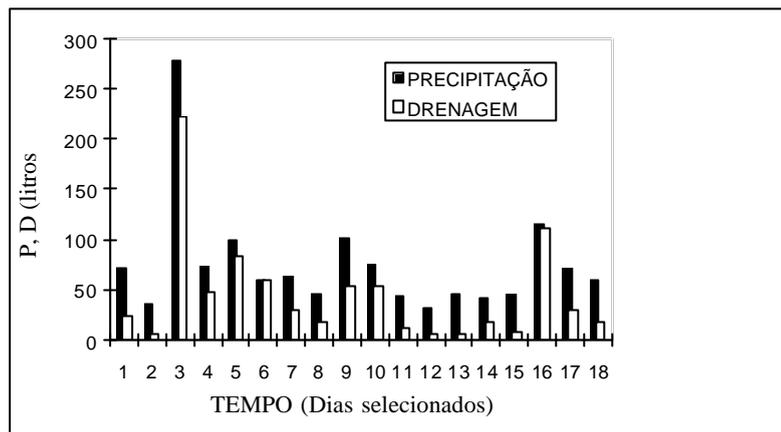


Figura 4. Valores de precipitação selecionados com suas respectivas drenagens em litros, considerando a área de exposição do lisímetro no 1º dia após a precipitação.

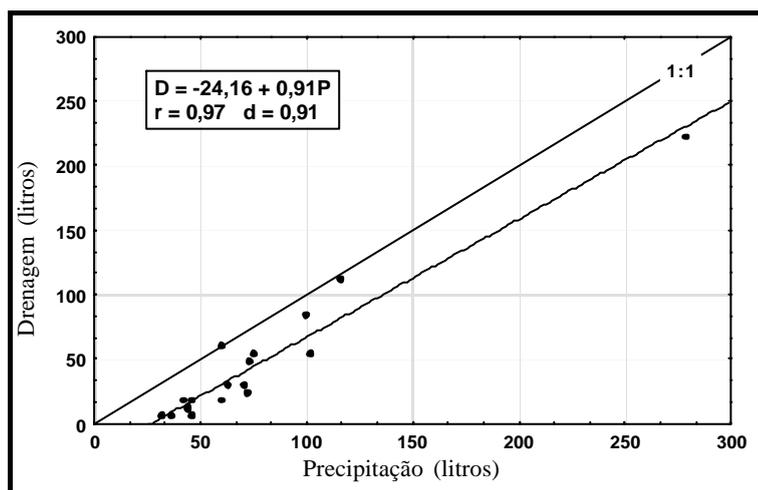


Figura 5. Representação gráfica da análise de regressão simples entre os valores da precipitação e da drenagem, em litros.

para valores médios decendiais apresentaram uma concordância muito boa ($d = 0,91$).

Conclusões

O sistema de drenagem instalado no lisímetro apresenta um funcionamento eficiente, drenando o excesso de água gravitacional quase que instantaneamente, impedindo que a mesma fique retida na caixa principal do lisímetro após as precipitações.

Referências bibliográficas

- ABOUKHALED, A., ALFARO, A., SMITH, M. **Lysimeters**. Rome : FAO, 1982. 68 p. (Irrigation and Drainage Paper, 39).
- CAMARGO, A.P. **Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo**. Piracicaba : USP, 1961. 49 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1961.
- MOURA, M.C.F.L. **Determinação do consumo de água pela cultura do milho (*Zea mays* L.) pelo método lisimétrico**. Piracicaba : USP, 1990, 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1990.
- MOURA, M.V.T. **Determinação do consumo de água na cultura da cenoura (*Daucus*, *carota*, L) através dos métodos lisimétrico e balanço hídrico sob condições de campo**. Piracicaba : USP, 1992. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1992.
- PERES, J.G. **Determinação dos coeficientes de cultura (Kc) da cana de açúcar: ciclo de cana-soca**. Piracicaba : USP, 1988. 94 p. (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1988.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Physical Geograph**, v. 2. p. 184-194, 1981.

WILLMOTT, C.J., WICKS, D.E. An empirical method for the spatial interpolation of monthly precipitation within California. **Physical Geography**, v. 1, p. 59-73, 1980.