



CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE FUNCIONAMENTO DE LISÍMETROS DE PESAGEM PARA DETERMINAÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA DE VIDEIRA DE VINHO¹

ELIEL F. DO NASCIMENTO², JULIANO A. SILVA³, ARACI C. M. LIMA⁴,
LUIS H. BASSOI⁵, LUIS FERNANDO S. M. CAMPECHE⁶

¹Trabalho realizado com o apoio financeiro do CNPq

²Tecnólogo em Fruticultura Irrigada, Pós-Graduando, Bolsista da CAPES, UFRB, Cruz das Almas - BA, elielpet@gmail.com

³Tecnólogo em Fruticultura Irrigada, Bolsista do CNPq, Embrapa Semiárido, Petrolina - PE.

⁴Graduanda em Ciências Biológicas FFPP/UPE, Bolsista do CNPq, Embrapa Semiárido, Petrolina - PE.

⁵Engenheiro Agrônomo, Pesquisador, Doutor, Embrapa Semiárido, Petrolina - PE.

⁶Engenheiro Agrônomo, Professor, Doutor, IF Sertão PE, Petrolina - PE.

Apresentado no

IX Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola - CLIA 2010

XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2010

25 a 29 de julho de 2010 - Vitória - ES, Brasil

RESUMO: A estimativa da demanda hídrica de uma cultura é útil para o manejo de irrigação. Assim, o objetivo deste trabalho foi construir, instalar e analisar o desempenho de três lisímetros de pesagem para estudo da demanda hídrica da cultura da videira de vinho (*Vitis vinifera* L.) cv. Syrah. Os lisímetros, com dimensões 1,2m x 2,0m de base e 1,0m de altura, foram instalados no Campo Experimental de Bebedouro da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE, e foram construídos com chapas de aço galvanizado e instalados sobre uma estrutura metálica montada sobre barras transversais, a fim de concentrar a massa do conjunto sobre uma célula de carga localizada no centro do sistema. Após a escavação de trincheiras no solo e colocação dos lisímetros, procedeu-se ao preenchimento com uma camada de brita, manta poliéster e nove camadas de solo de 0,1m, mantendo a disposição original das mesmas no perfil. Foram utilizados sacos com brita com massa conhecida, para estabelecer a relação entre a saída de sinal das células de carga e a massa dos equipamentos. A equação de calibração apresentou um alto coeficiente de determinação. Os lisímetros apresentaram excelente sensibilidade e resolução, detectando variações de massa, mostrando-se adequados para o estudo da demanda hídrica da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: calibração, necessidade hídrica, semiárido.

CONSTRUCTION AND PERFORMANCE ANALYSIS OF WEIGHING LYSIMETERS TO WATER DEMAND DETERMINATION OF WINE GRAPES

ABSTRACT: The estimative of crop water demand is valuable to irrigation scheduling. Hence, the objective of this work was to construct, install and evaluate the performance of 3 weighing lysimeters to estimate the water demand of wine grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Syrah. The lysimeters, 1.2 m width, 2.0 m long, and 1.0 depth, were set up at Embrapa Tropical Semi-Arid, Petrolina - PE, Brazil, and were constructed with galvanized steel sheets and set up on a metallic infrastructure, with the purpose to link the lysimeter weight with the load cell located in the central portion of the infrastructure. After the excavation, brick and cement walls were constructed and then lysimeters were set up. The lysimeter was initially filled with a 0.1 m depth layer of grit, a thin polyester envelope and then with nine 0.1 m soil depth layers, maintaining the previous position of these layers in the soil profile. The calibration was performed with grit bags with known weights to establish the relationship between the electrical signal from load cell and lysimeter weight. The linearship was observed, with high determination coefficient. Lysimeters presented excellent sensitivity and resolution and detected weight variations, being suitable to estimate crop water demand.

KEYWORDS: calibration, water demand, semi-arid.

INTRODUÇÃO: A quantificação do fluxo de vapor d'água para a atmosfera proveniente de superfícies úmidas em combinação com a transpiração das plantas em áreas cultivadas é de grande interesse para determinação das necessidades hídricas de cultivos e disponibilidade hídrica do solo. Dentre os vários métodos disponíveis, o método direto mais comum utilizado na determinação da evapotranspiração da cultura é o método lisimétrico, que consiste de um tanque enterrado no solo, por meio do balanço de massa ou volume de água, determinam a evaporação ou evapotranspiração. Quanto ao tipo, SILVA (1996) cita que os lisímetros usualmente são agrupados em pesáveis (onde a variação de massa é determinada por um mecanismo de pesagem) e não pesáveis (lisímetro de drenagem e de lençol freático em nível constante). Os lisímetros de pesagem podem determinar a evapotranspiração pelo balanço de massa em intervalos de cerca de 1h e, em função da sua precisão, são considerados equipamentos padrões para aferição dos demais métodos (FARIA et al., 2006). Um dos passos importantes antes do funcionamento de lisímetros de pesagem em campo é a calibração, que tem por finalidade estabelecer uma relação entre o sinal de saída da célula de carga e a massa do sistema, visando verificar a linearidade e histerese das células de carga, devendo ser preferencialmente calibrados *in situ*, nas mesmas condições climáticas do seu funcionamento, por adição e retirada de pesos previamente conhecidos (CAMPECHE, 2002). É fundamental que as condições internas do equipamento se assemelhem ao máximo das condições externas do ambiente, tanto no que se refere ao tipo de solo e de planta, como das condições de umidade desse solo (PEREIRA et al., 1997). O objetivo do presente trabalho foi a instalação, calibração e avaliação de desempenho de três lisímetros de pesagem baseados em célula de carga, para o estudo da demanda hídrica da cultura da videira de vinho (*Vitis vinifera* L.), cv. Syrah, cultivada no Submédio do Vale do São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS: Os 3 lisímetros de pesagem foram instalados no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente a Embrapa Semiárido, em Petrolina, PE (latitude: 9° 9'S, longitude: 40° 29'W, altitude 365,6m), em um solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico Latossólico, (EMBRAPA, 2006) textura média, e com relevo plano. Para cada lisímetro realizou-se a escavação manual de uma área de 2,50 m por 2,10 m com profundidade de 1,85 m. Foram separadas as 9 primeiras camadas de solo com 0,10 m cada, para posteriormente recompor o perfil do solo no lisímetro nas respectivas profundidades. Após a escavação, foram construídas paredes de alvenaria com colunas de concreto, com 0,1 m de espessura e 2,48 m de comprimento, por 2,1 m de largura e 1,85 m de profundidade. Foram projetadas quatro sapatas para sustentação das células de carga e do sistema de alavancas e contrapesos. Cada caixa lisimétrica foi sustentada por um sistema de balança de fabricação comercial constituída na parte superior por um quadro metálico em viga L laminada de 0,1 m, do mesmo comprimento e largura do tanque e, na parte inferior, por um conjunto de transmissão de forças composto de quatro conjuntos oscilantes, ligados a um mecanismo de três alavancas metálicas de redução de massa, apoiadas em cinco suportes, colocados sobre as sapatas de concreto. A caixa lisimétrica foi construída em material de aço galvanizado, chapa nº 20, com dimensões de 2,0 m por 1,2 m e profundidade de 1,0 m, e seu preenchimento foi feito adicionando inicialmente uma camada de 0,1 m de brita nº 1. Acima da camada de brita foi colocada uma manta de Bidin e posteriormente as camadas de solo. O elemento sensível de cada lisímetro de pesagem constituiu-se de uma célula de carga, modelo SV100, com capacidade de 100 kg. Para armazenamento dos dados foi utilizado um datalogger (CR10X) programado para fazer leituras a cada segundo com um período de média de 30 minutos, coletados com módulo de armazenamento. A potência elétrica para o sistema foi fornecida por placa solar, com bateria de 12 V. Utilizou-se 1000 mV de excitação para que a faixa de leitura do sinal fosse em torno de 7,5 mV, apresentando assim uma melhor performance, com maior sensibilidade. A calibração iniciou-se com a obtenção da leitura de voltagem em cada lisímetro descarregado (somente com o solo de preenchimento); a seguir, a variação de massa foi obtida com a adição e retirada de sacos plásticos com brita de diferentes massas. Os acréscimos ou retiradas de massa foram realizados a cada 2 minutos, descartando-se da análise as leituras registradas durante o primeiro minuto, já que incluíam as oscilações provocadas pela variação de massa. As leituras foram realizadas a cada segundo e com média a cada minuto. Os pesos foram acrescentados aos lisímetros em seqüência de carga de massa equivalente a 7 mm de água sobre a superfície do lisímetro, obtida pela adição de quatro sacos de brita de 4,2 kg, até alcançar 70 mm, seguidos de acréscimos de 1 mm, produzidos pela adição de um saco de brita de 2,4 kg, até atingir a massa equivalente a 80 mm. A partir de 80 mm, os acréscimos voltaram a ser de 7 mm, até atingir 150 mm; em seguida, os sacos com

brita foram retirados em intervalos também de 2 minutos, na mesma sequência da adição, até a descarga completa e, assim, foram obtidos 60 pares de pontos para confecção da curva de calibração (mV x mm). O tempo total da operação de calibração transcorreu em duas horas. O sistema de condução da videira na área foi em espaldeira, com espaçamento de 3 x 1 m, na direção norte-sul. Porém, em cada lisímetro construiu-se uma estrutura de suporte específica para as plantas, independente daquela empregada no sistema de condução das plantas vizinhas. O sistema de irrigação utilizado no parreiral foi do tipo gotejamento, mas nos lisímetros a irrigação foi realizada manualmente com um regador de 8 litros, visando garantir uma melhor qualidade nos dados coletados e redução dos descartes de dados nos dias de irrigação.



Figura 1 - Parede de alvenaria com colunas de concreto (a), preenchimento da caixa lisimétrica (b), sistema de balança (c) e lisímetro de pesagem após a montagem no campo (d).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Uma alta correlação entre leituras da célula de carga (mV) e a massa do conjunto (mm) foi obtida. A precisão dos equipamentos foi determinada por meio do coeficiente de determinação (r^2) obtida pela regressão linear de cada equipamento. Verificou-se que o modelo linear descreveu adequadamente a relação entre a saída da célula de carga, em milivoltagem (mV) e o equivalente em milímetros de água para os três lisímetros de pesagem, tendo em vista o elevado coeficiente de determinação (r^2), conforme Figura 1. Constatou-se excelente linearidade com as massas adicionadas em cada lisímetro e o sinal obtido da célula de carga com histerese mínima. ALLEN & FISHER (1991) e HOWELL et al. (1995) utilizando lisímetros de pesagem com características de montagem semelhantes ao utilizado neste trabalho encontraram resultados também satisfatórios para a série de variação de acréscimo e decréscimo de pesos, não observando efeito significativo de histerese. Houve também elevada semelhança de resultados entre os três aparelhos. Resultados semelhantes foram encontrados por ROCHA (2008), CRUZ (2005) e CAMPECHE (2002), utilizando metodologia semelhante na calibração.

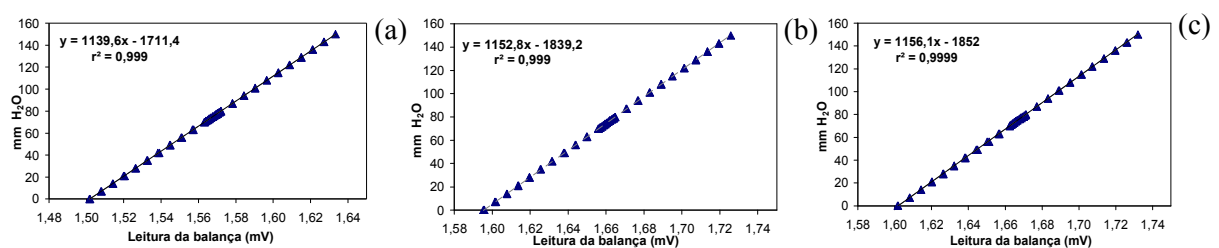


Figura 1 – Equação de calibração dos lisímetros 1 (a), 2 (b) e 3 (c).

A exatidão dos equipamentos foi determinada por meio do erro padrão. Os dados referentes às massas-padrão aplicadas e as respectivas leituras da balança do lisímetro foram submetidos à análise estatística de regressão, obtendo para os lisímetros 1, 2 e 3 o erro padrão de estimativa da regressão linear de 0,4, 0,6 e 1 mm, o que equivale a uma massa de 0,94, 1,44 e 2,4 kg, respectivamente. Os valores para os erros padrões dos lisímetros 1 e 2 esta na mesma faixa de calibração encontrada por MIRANDA et al. (1999). Porém, o lisímetro 3 apresentou um erro, que na prática inviabiliza o seu uso, não sendo confiável para a determinação do consumo hídrico da videira. A sensibilidade foi obtida pela observação da menor variação do sinal elétrico emitido pelo sistema quando detectado mudança de massa do equipamento. As três células de carga utilizadas nos três lisímetros de pesagem apresentaram sensibilidade suficiente para detectar variações de 0,0001 mV, que representam uma

variação de 0,00001 mm de lâmina líquida. Resultado semelhante foi encontrado por CARVALHO et al. (2007), que na calibração de um lisímetro de pesagem utilizando metodologia semelhante, constatou que a cada massa adicionada ao lisímetro, a célula de carga apresentava variação média de sinal da ordem de 0,000105 a 0,000549 mV. A resolução foi obtida por meio de dados coletados em um dia normal, sendo calculada e verificada a menor leitura que o equipamento pode realizar na diferença do menor valor de tempo (30 min.). Para os três equipamentos foi encontrada uma resolução de 0,11 mm em intervalos de 30 minutos. Isso significa que a menor variação de massa detectada pelos lisímetros foi 0,244 kg. Essa resolução pode ser considerada relativamente alta quando comparada à resolução de 0,45 mm obtida por SANTOS et al. (2007) na construção de um lisímetro móvel de pesagem com célula de carga hidráulica.

CONCLUSÕES: Os três lisímetros de pesagem instalados e calibrados, obtiveram alto coeficiente de determinação na equação de calibração, excelente sensibilidade e resolução, detectando variações de massa devido ao acréscimo e decréscimo de pesos correspondentes às lâminas de água. Os lisímetros 1 e 2 obtiveram maior exatidão, respondendo às pequenas mudanças de massa de forma confiável, tornando possível a sua utilização para o estudo da demanda hídrica da cultura da videira de vinho cultivada no Submédio do Vale do São Francisco.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; FISHER, D.K. Direct load cell-based weighing lysimeter system. In: ALLEN, R.G.; HOWELL, T.A.; PRUITT, W.O et al. (Ed.) *Lysimeter for evapotranspiration and environmental measurements*. New York: American Society of Civil Engineers, 1991. P.114-124.
- CAMPECHE, L.F.S.M. *Construção, calibração e análise de funcionamento de lisímetros de pesagem para determinação da evapotranspiração da cultura da lima ácida 'Tahiti' (Citrus latifolia Tan.)*. 2002. 67f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; GUERRA, J.G.M.; CRUZ, F.A.; SOUZA, A.P. Instalação, calibração e funcionamento de um lisímetro de pesagem. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.2, p.363-372, maio/ago. 2007.
- CRUZ, F.A. *Instalação e calibração de lisímetro de pesagem e determinação da evapotranspiração de referência para a região de Seropédica - RJ*. 2005. 79 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.
- EMBRAPA/ Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 2a ed. 306p.
- FARIA, R.T.; CAMPECHE, L.F.S.M.; CHIBANA, E.Y. Construção e calibração de lisímetros de alta precisão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.10, n.1, p.237-242, 2006.
- HOWELL, T.A.; SCHNEIDER, A.D.; DUSEK, D.A.; MAREK, T.H.; STEINER, J.L. Calibration and scale performance of Bushland weighing lysimeters. *Transactions of the ASAE*, v.38, n.4, p.1019-1024, 1995.
- MIRANDA, F.R.; YODER, R.E.; SOUZA, F. Instalação e calibração de um lisímetro de pesagem no projeto de irrigação Curu-Paraipaba, CE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.3, n.1, p.107-110, 1999.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- ROCHA, F.J. *Resposta da lima ácida 'Tahiti' (Citrus latifolia Tan.) a diferentes porcentagens de área molhada*. 2008. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- SANTOS, R.A.; FOLEGATTI, M.V.; BOTREL, T.A.; ATARASSI, R.T.; ALVES JÚNIOR, J. Projeto, construção e calibração de um lisímetro móvel de pesagem, com célula de carga hidráulica, para determinação de demanda hídrica de mudas cítricas em casa de vegetação. *Irriga*, Botucatu, v.12, n.2, p.202-215, 2007.
- SILVA, F.C. *Uso de dispositivos lisimétricos para medida da evapotranspiração de referência*. 1996. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.