

CONSTRUÇÃO, CALIBRAÇÃO E ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UM MINILISÍMETRO PARA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM AMBIENTES PROTEGIDOS**Vitoria das Neves Giorgini¹, Robson Carlos de Melo Junior¹, Marcelo Luz Matos², Alexandre Lioi Nascentes¹, Leonardo Duarte Batista da Silva¹**¹ UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, (21) 2681-4610, gabinete@ufrj.br² IP/JBRJ - Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, (21) 2274-9360, jbrj@jbrj.gov.br

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO:

Este trabalho objetivou a construção de minilímetro de pesagem eletrônica portátil para estudos de evapotranspiração em ambientes protegidos (AP); sua calibração com análise da curva de calibração (CC); e avaliação de desempenho, em AP, em eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) e pinus (*Pinus elliottii* var. *elliottii*-Engelm), submetidos a três distintas lâminas de irrigação. Construiu-se este em estrutura metálica, fixando uma célula com capacidade de 20kg e registrando as variações de tensão em datalogger. Para obtenção da CC, utilizou-se massas-padrão, analisando-os com estatística de regressão. Para avaliar os modelos, utilizou-se coeficientes de determinação e valores de Erro Padrão de Estimativa (EPE). Avaliando o desempenho para condição de campo, utilizou-se bandejas de tubetes com substrato de lodo de esgoto cultivados com pinus e eucalipto, onde obteve-se indicadores acima de 0,999, com EPE de 6,2 a 36,2g; para verificar a correlação dos valores da equação de regressão com do padrão, utilizou-se indicadores de precisão, exatidão e confiança, através do coeficiente de correlação e índices de Willmott e desempenho, respectivamente. O maior EPE (2,44g) foi obtido na CC do tratamento Eucalipto-400%; inferior ao limite da célula (4g). Assim, este mostrou-se satisfatório para determinar a evapotranspiração em escalas inferiores a diária, usando representação gráfica como ferramenta.

PALAVRAS-CHAVE: Células de Carga, Lisimetria, Mudas Florestais**THE EFFECTS OF DIFFERENT IRRIGATION SLIDES ON THE CONCENTRATIONS OF HEAVY METALS LEACHING ON SUBSTRATES CONTAINING SEWAGE SLUDGE**

ABSTRACT: This work aimed to construct a portable electronic weighing mini-lysimeter for evapotranspiration in protected environments (PE) studies; its calibration and analyzes of the calibration curve (CC); evaluate in PE, eucalyptus (*Eucalyptus urograndis*) and pine (*Pinus elliottii* var. *elliottii*-Engelm) seedlings, submitted to three different irrigation slides. It was built in metal structure, fixing a load cell and recording the changes in weight in datalogger. To obtain the CC, standard masses were used, analyzing the results with statistical of regression. The coefficients of determination and the values of Standard Error of Estimation (EPE) were used to evaluate the obtained models. To evaluate the mini-lysimeter for field conditions were used trays for tubes, filled with sewage sludge substrate, cultivated with pine and eucalyptus seedlings; where we obtained indicators above 0,999, with EPE from 6.2 to 36.2g. To verify the correlation between estimated values with the standard, these indicators were used: precision, accuracy and reliable, using correlation coefficient, Willmott index and index of performance, respectively. The highest EPE (2.44g) was obtained at CC of Eucalyptus 400%; below the cell's limit (4g). Therefore, it was satisfactory to determinate evapotranspiration in scales lower than the daily one, having in the graphical presentation, an important tool.

KEYWORDS: Forest Seedlings, Load Cells, Lysimetry

INTRODUÇÃO: Segundo BLANCO e FOLEGATTI (2004) a determinação adequada da evapotranspiração (ET) de uma cultura pode evitar a aplicação excessiva ou deficitária de água, com impactos consequentes sobre a disponibilidade de nutrientes para as plantas, salinidade do solo e contaminação do lençol freático. Segundo BERNARDO et al. (2008) a quantidade de água evapotranspirada depende principalmente da planta, do solo e do clima, sendo este último é preponderante sobre os demais. Desse modo, a quantidade de água requerida por uma cultura pode variar na área coberta pela vegetação e com as estações do ano (em locais onde o clima varia acentuadamente com as estações). De acordo com BERNARDO et al. (2008) existem vários métodos para a determinação direta da evapotranspiração. Dentre os fatores que devem ser considerados na seleção do método, a fonte de água utilizada pelos vegetais é a principal delas, podendo ser por precipitação, irrigação ou água subterrânea. De acordo com os autores os principais métodos diretos são: a) lisímetros; b) parcelas experimentais no campo; c) controle de umidade do solo e d) método da “Entrada-Saída”; sendo estes três últimos baseados no balanço de água no solo. Os métodos indiretos podem ser definidos como aqueles que os valores de evapotranspiração são estimados por meio de equações empíricas, ou baseados em princípios físico-fisiológicos, ou ainda, por meio de correlação entre as medidas de evaporação da água (evaporímetros). De acordo com SEDYAMA (1996) as estimativas da ET pelos métodos empíricos, geralmente, são aplicáveis apenas para períodos longos, valores mensais, por exemplo, e a exatidão das estimativas esta limitada pela dependência de poucas variáveis. Segundo BERNARDO et al. (2008), os métodos indiretos podem ser divididos em dois grandes grupos: evaporímetros (tanques de evaporação e atmômetros) e as equações empíricas (também denominadas modelos agrometeorológicos, de acordo com SANTOS et al.; 2008). São denominados “minilímetros” os lisímetros de dimensões reduzidas desenvolvidos para a medição da evapotranspiração de plantas cultivadas em vasos ou em tubetes dispostos em bandejas. Tendo em vistas as grandes dimensões dos lisímetros e a necessidade de realizar estudos em espaços reduzidos, como o interior de casas de vegetação. A utilização de células de carga como dispositivo sensor da variação da massa de água armazenada em pequenos volumes de solo, viabilizou a construção de estruturas menores, para uso em ambientes como estufas e casas de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado nas dependências do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) na cidade do Rio de Janeiro-RJ. Os ensaios foram realizados numa casa de vegetação, posicionada no sentido leste-oeste, medindo 12 m de comprimento e 4 m de largura.

Os resultados da relação massa-padrão e valor da leitura foram submetidos à análise estatística de regressão. Os coeficientes de determinação (r^2) e os valores de erro padrão de estimativa (EPE) foram utilizados para avaliar a qualidade dos modelos (equações) obtidos.

Os valores do r^2 foram utilizados para determinar a proporção da variação total dos valores lidos que são explicadas pela variação dos valores das massas-padrão. A equação do coeficiente de determinação é dada por:

$$r^2 = \frac{\sum (V_L - V_{MP})^2}{\sum (V_P - V_{MP})^2} \quad (1)$$

Em que: V_L são os valores medidos (leituras); V_{MP} são as médias dos valores padrão; e “ V_P ” são os valores padrões (reais).

Os valores do EPE foram utilizados para verificar a influência de outros fatores nos valores lidos no Fieldlogger. Para a determinação do EPE foi utilizada a equação dada por:

$$EPE = \sqrt{\frac{\sum (V_P - V_L)^2}{n - 2}} \quad (2)$$

Para avaliar o desempenho dos minilímetros, na condição de campo, foram realizados testes de operação com as bandejas contendo tubetes com mudas de pinus e de eucalipto. As bandejas foram organizadas em seis bancadas, que possuíam aproximadamente, 1,0 m de altura, 2,4 m de

comprimento e 1,0 m de largura e estavam orientadas transversalmente na casa de vegetação, conforme Figura 10.

As bancadas possuíam espaçamento de, aproximadamente, 1,20 m na área central e de 0,80 m entre si. Após sorteio ficou definido que as bancadas 1, 3 e 5 seriam destinadas às mudas de pinus e as bancadas 2, 4 e 6, às mudas de eucalipto. Outros sorteios foram realizados a fim de determinar o posicionamento de cada tratamento (100, 200, 300 e 400%) dentro das bancadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Após a realização das leituras em ambos os processos (carregamento e descarregamento) foram obtidos os valores médios (mV) apresentados na Tabela 1. O efeito de histerese observado foi considerado desprezível, semelhante ao constatado por outros autores que trabalharam com lisímetros de pesagem com célula de carga (CARVALHO et al., 2013; FARIA et al., 2005; GERVÁSIO e MELO JÚNIOR, 2014; OLIVEIRA, 2012 e SILVA et al., 1999).

TABELA 1. Valores de tensão (mV), obtidos pelas médias das leituras observadas nos processos de carregamento e de descarregamento, de acordo com a massa-padrão (g) depositada nas bandejas destinadas às mudas de pinus e de eucalipto, que serão submetidas às lâminas de irrigação correspondentes a 100%, 200% e 400% da evapotranspiração da cultura.

Massa Padrão (g)	Leitura (mV)			Leitura (mV)		
	Pinus			Eucalipto		
	100%	200%	400%	100%	200%	400%
0	0,56	1,83	0,24	0,38	2,28	9,86
50	0,61	1,91	0,31	0,44	2,34	10,32
150	0,73	2,03	0,58	0,58	2,49	10,92
250	0,90	2,14	0,74	0,69	2,61	11,91
500	1,14	2,43	1,09	0,96	2,92	13,94
750	1,37	2,73	1,22	1,15	3,17	15,02
1.000	1,61	3,06	1,54	1,49	3,66	18,05
1.250	2,05	3,29	1,88	1,86	3,85	20,11
1.500	2,40	3,57	2,18	2,11	4,04	22,15
2.000	2,98	4,58	2,54	2,71	4,93	26,18
3.000	4,15	5,74	3,46	3,85	5,72	28,72
4.000	5,30	6,38	4,28	4,88	6,94	31,15
5.000	6,47	7,77	5,14	5,96	8,54	33,54
7.500	9,36	10,65	7,46	8,94	11,05	48,82
10.000	12,15	13,22	10,29	11,24	13,94	64,05
12.000	14,52	15,72	13,12	14,19	16,35	76,23
14.000	16,77	18,12	14,86	16,05	18,61	88,35
16.000	18,96	20,46	18,54	18,78	19,92	100,61
18.000	21,48	22,93	19,45	21,17	22,31	114,25

Além da própria variação de sensibilidade existente entre as células de carga, a variação dos comprimentos dos fios de transmissão de dados, também exerceu influência nos valores de leituras observadas entre os minilísímetros (pinus: 100%, 200%, 400%; e eucalipto: 100%, 200%, 400%). Pelo fato de estarem posicionadas em locais distintos, dentro da casa de vegetação, os comprimentos dos fios de alimentação e transmissão de dados eram diferentes, ressaltando ainda mais as diferenças de tensões lidas pelo datalogger devido às resistências.

Foi possível obter um modelo linear que mostrou-se adequado para expressar a relação massa x tensão, em todos os tratamentos, tendo em vista os valores do coeficiente de determinação, acima de 99,4%. Todos os coeficientes da equação de regressão apresentaram significância estatística quando submetidos ao teste t de Student ao nível de 1% de probabilidade.

Em relação aos valores do erro padrão de estimativa (EPE), verificou-se que o maior valor, referente ao minilísímetro denominado Eucalipto 400%, foi de 2,44 g; este valor está abaixo do limite mínimo detectável pela célula de carga, que possui sensibilidade de 4 gramas. Considerando a área superficial da bandeja (0,2204 m²) os 2,44 g observados no erro-padrão de estimativa correspondem a uma lâmina

de, aproximadamente, 0,011mm (ou 0,015 mm, considerando o somatório das áreas dos tubetes), valores abaixo daqueles observados por outros autores na calibração de lisímetros “convencionais”, como CARVALHO et al. (2012) (0,2 mm); CARVALHO et al. (2007) (0,278 mm), CARVALHO et al. (2013) (0,66 mm), que se deve a capacidade e fundo de escala das células de carga utilizados em cada estudo.

Após os trabalhos de calibração e avaliação dos resultados observados por meio das equações de regressão, foram obtidas, graficamente, as variações registradas nos minilísímetros simulando as condições reais de operação. Para esta determinação foram inseridas, através do software de configuração do Fieldlogger, as equações de regressão obtidas na etapa de calibração, possibilitando ao recurso denominado “Canal Virtual” realizar as devidas operações matemáticas exigidas para se obter as relações.

CONCLUSÕES: Considerando a utilização de minilísímetros para balanço hídrico em pequenos recipientes cultivados, concluiu-se que:

- a) O modelo desenvolvido mostrou-se viável nas condições necessárias;
- b) A calibração gerou equações bem ajustadas para os dados amostras;
- c) O desempenho foi satisfatório para a determinação da evapotranspiração em escalas inferiores a diária.

REFERÊNCIAS:

- ARAÚJO, P.V.; CARVALHO, M. P.; RAMOS, M.D.L.R. **Um Porto de árvores**. Editora: campo Aberto, Porto, Portugal, 2006, 48p.
- AZEVEDO; L. P.; OLIVEIRA; E. L. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia na Agricultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.253-263, jan./abr. 2005.
- BLANCO, F.F. **Tolerância do tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e na planta**. Tese (Doutorado). Piracicaba, 2004. p.115. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- CARVALHO, A.O. **Influência da fonte de Nitrogênio sobre o pH da rizosfera e sobre a colonização de plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder e Hansen**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Seropédica, 2003.
- Disponível em: < www.planetaorganico.com.br/brasil.htm >. Acessado em: outubro de 2012.
- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J.T.L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa: 1980, v. 27, n.150, p. 155-162.
- MALHEIROS, S.M.M.; SILVA, E.F.F.; MEDEIROS, P.R.F.; PEDROSA, E.M.R.; ROLIM, M.M.; SANTOS, N.A. Cultivo hidropônico de tomate cereja utilizando-se efluente tratado de uma indústria de sorvete. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1085-1092, 2012.
- SAMPAIO, R.A.; FONTES, P.C.R.; SEDIYAMA, C.S. Resposta do tomateiro à fertirrigação potássica e cobertura plástica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 21-30, jan. 1999.
- SILVA, E.C.; ALVARENGA, M.A.R.; CARVALHO, J.G. Influência dos níveis de N e K₂O na produção e incidência de podridão apical em frutos de tomateiro podado e adensado. In: CONGRESSO DA PÓS GRADUAÇÃO. **Anais**. Lavras: APG/CPG/ESAL, 1993, p. 147-148.