Brazilian Applied Science Review

# Construção e desempenho de lisímetros de drenagem para determinação do balanço hídrico no solo

# Construction and performance of drainage lysimeters for determination of soil water balance

Recebimento dos originais: 05/01/2019
Aceitação para publicação: 01/02/2019

**Adriano Lemes Sulino**
Engenheiro Agrícola - Universidade Estadual de Goiás, Campus Santa Helena.
Endereço: Av. Protestato Joaquim Bueno, 945, setor central, Santa Helena de Goiás – GO, Brasil.
E-mail: adrianosulino@hotmail.com

**Pedro Rogerio Giongo**
Doutor em Irrigação e drenagem, pela Esalq/USP. Docente da Universidade Estadual de Goiás, Campus Santa Helena. Endereço: Av. Protestato Joaquim Bueno, 945, setor central, Santa Helena de Goiás – GO, Brasil. E-mail: pedro.giongo@ueg.br

**Jéssica Andrade Geronutti**
Engenheira Agrícola - Universidade Estadual de Goiás, Campus Santa Helena.
Endereço: Av. Protestato Joaquim Bueno, 945, setor central, Santa Helena de Goiás – GO, Brasil.
E-mail: jessica.geronutti@gmail.com

**Daniel Silva Brum**
Estudante de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Goiás, Campus Santa Helena.
Endereço: Av. Protestato Joaquim Bueno, 945, setor central, Santa Helena de Goiás – GO, Brasil
E-mail: brumdanielbrum@hotmail.com

**Darlene de Matos Santos**
Estudante de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Goiás, Campus Santa Helena.
Endereço: Av. Protestato Joaquim Bueno, 945, setor central, Santa Helena de Goiás – GO, Brasil.
E-mail: darlenematos99@gmail.com

**RESUMO**

O conhecimento dos processos de movimentação de água no sistema solo-planta-atmosfera é fundamental para projetar e utilizar de forma eficiente e racional o sistema de irrigação. Portanto, esse trabalho teve como objetivos construir lisímetros de drenagem e avaliar seu desempenho para a determinação do balanço hídrico no solo, além da determinação das densidades e umidades do solo nos lisímetros e na área circunvizinha. O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás, Câmpus de Santa Helena de Goiás com a construção de três lisímetros de drenagem. A construção, montagem e o desempenho dos lisímetros apresentam resultados satisfatórios para as condições de medição de lamina drenada e evaporada. A evaporação dos lisimetros apresenta alta correlação (r=0,87) com a evaporação do tanque Classe A. A densidade do solo nos lisímetros aumentou com a profundidade, já a densidade obtida no solo da área externa aos lisímetros foi maior nos horizontes superficiais do solo. Não foram constatadas variações significativas nas densidades do solo de dentro e fora dos lisímetros.

**Palavras-chave:** irrigação, evaporação, umidade do solo.

Brazilian Applied Science Review

**ABSTRACT**

Knowledge of the processes of water movement in the soil-plant-atmosphere system is fundamental to design and use the irrigation system efficiently and rationally. Therefore, the objective of this work was to construct lysimeters and evaluate their performance for soil water balance determination, as well as determination of soil densities and moisture in the lysimeters and the surrounding area. The experiment was conducted in the experimental field of the State University of Goiás, Campus of Santa Helena de Goiás with the construction of three lysimeters of drainage. The construction, assembly and performance of the lysimeters present satisfactory results for the conditions of measurement of drained and evaporated sheet. The evaporation of the lysimeters showed a high correlation (r = 0.87) with the evaporation of the Class A tank. The soil density in the lysimeters increased with the depth, since the density obtained in the soil from the external area to the lysimeters was higher in the surface horizons of the ground. There were no significant variations in soil densities inside and outside lysimeters.

**Keywords:** Irrigation, evaporation, soil moisture.

## 1 INTRODUÇÃO

As plantas cultivadas no mundo todo necessitam, dentre outros fatores, de água para seu desenvolvimento, que pode ser proveniente das precipitações pluviométricas e/ou por meio artificial através da irrigação, dependendo de sua disponibilidade no período de uma determinada região. As particularidades regionais, as incertezas e irregularidades das precipitações ao longo do tempo fizeram com que técnicas de irrigação fossem desenvolvidas e aprimoradas a fim de suprir a demanda hídrica das culturas. A irrigação na agricultura é desenvolvida em diferentes situações de meio físico, e atende a uma grande diversidade de culturas e interesses econômicos e sociais, sendo que não existe um método de irrigação único, pois é possível atender da maneira mais correta todas as condições e objetivos envolvidos (FRIZZONE, 2017).

A irrigação contribui para incrementar e estabilizar a produtividade, pois pode suprir a demanda hídrica durante a época seca do ano, e é utilizada como forma de complementação para as culturas na época chuvosa (LOPES, et al. 2014).

A água liberada para atmosfera local é que deve ser reposta por meio das chuvas e/ou irrigação para suprir a deficiência hídrica no solo, a fim de que a planta possa expressar todo seu potencial produtivo (SANTOS; HERNANDEZ; ROSSETTI, 2010). Daí a necessidade do conhecimento da evaporação ou até mesmo da evapotranspiração, dada sua importância para a determinação do balanço hídrico e por fim quantificar a quantidade real de água a ser reposta no solo por meio do manejo de uma irrigação eficiente e precisa.

Há uma grande diversidade de métodos para determinar a evapotranspiração, como o balanço hídrico, fluxo de seiva, e o sensoriamento remoto que são dados baseados em satélites, ou modelagem direta juntamente com dados de lisímetros (MARQUES, et al. 2015).

Para o manejo da irrigação, pode-se basear na reposição da evapotranspiração de cultura, que é o resultado entre a evapotranspiração de referencia e o coeficiente de cultura. Para determinação desse coeficiente de cultura, pode ser determinada por meio de métodos diretos como exemplo a utilização de lisímetros (ALVES, et al 2017).

De acordo com Miranda et al (2016), um dos equipamentos mais utilizados para realizar a medição de forma direta é com o uso dos lisímetros. Mantovani (2007), conceitua como sendo, derivado grego em que *Lysis* significa dissolução ou movimento, e *metron* é o mesmo que mensurar, e que consiste em um recipiente com solo, instalado em condições de campo para representar um ambiente específico, com sistema de mensuração que pode ser através de pesagem da água ou por meio de sua drenagem, sendo que a superfície do solo no local pode se com ou sem vegetação, a depender da finalidade do experimento.

A água é um componente indispensável para a sobrevivência de todos, sendo parte importante no desenvolvimento de cidades, regiões e na agricultura como forma vital de subsistência para as culturas, sendo que cada planta necessita de água o suficiente para suprir a evaporação e a lixiviação dos sais do solo (SILVA, 2017).

Assim este trabalho objetivou a construção e avaliação do desempenho de lisímetros de drenagem para fins de determinação do balanço hídrico no solo, além da determinação das densidades e umidades do solo nos lisímetros e na área circunvizinha.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual de Goiás do Câmpus de Santa Helena de Goiás, localizada na latitude 17º 49’ 33.7”S e longitude 50º 36’28.1”W, com 572 metros de altitude, possui, conforme classificação climática de Köppen, um clima tropical, apresenta temperatura média de 24,3 °C e uma pluviosidade média anual de 1539 mm. O solo da área experimental em questão é classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (SANTOS et al., 2011), esta área possui uma estação meteorológica composta de evaporímetro tipo Tanque Classe A, sensores de temperatura do ar, radiação solar incidente, umidade relativa do ar e velocidade e direção do vento, os quais foram utilizados como auxílio no desenvolvimento desse experimento.

A fase de montagem dos lisímetros e os respectivos testes ocorreram no período compreendido entre setembro e outubro de 2017, sendo a coleta de dados ocorridas no período de outubro de 2017 à novembro de 2017.

**2.1** CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DOS LISÍMETROS DE DRENAGEM

Os lisímetros de drenagem foram construídos à partir de três caixas d`água de formato retangular construídas de cimento amianto sendo as dimensões internas do lisímetro 01: 1,01m x 0,71m x 0,60m e os lisímetros 02 e 03: 1,16m x 0,81m x 0,70m, sendo respectivamente valores de comprimento, largura e profundidade. Para drenagem da água percolada ao longo do perfil do solo nos lisímetros, há saídas em três pontos na parte inferior de cada equipamento (Figura 1A), os pontos de saída são distribuídos e conectados por tubulações de material PVC (Policloreto de vanila) de 25 mm de diâmetro que servem para conduzir a água drenada ao longo do perfil do solo até o poço de coleta da água.

Para a montagem dos equipamentos fez-se uma escavação no solo do local para a instalação, sendo o solo retirado em camadas e colocadas ao lado da vala, de forma a permitir que as camadas fossem recolocadas nos lisímetros em ordem inversa em relação à escavação, visando aproximar ao máximo às condições originais do solo.

Os lisímetros foram enterrados no solo, restando de sobressalência um beiral de 5 cm para servir de barreira de proteção contra a água de possível escoamento superficial. Por ocasião da montagem ao campo, foram dispostos em fileira na área delimitada e ao lado há um poço de medição da água drenada dos lisímetros, cujas dimensões do poço são: 2,70m x 0,8m x1,0m sendo, respectivamente, comprimento, largura e profundidade.

Na ocasião, utilizou-se os lisímetros com solo nú, sem vegetação tanto nos lisímetros quanto na área circunvizinha, para obtenção da evaporação por meio do balanço hídrico.

Em cada lisímetro há um único ponto de medição (registro), para controle e contabilização da água drenada no mesmo. Internamente no fundo de cada lisímetro há uma camada com 5 cm de espessura de pedra brita 0 (zero), sendo que essa camada de brita foi coberta por uma manta permeável sintética conhecida como Bidim-RP07® que é um material comumente utilizado em sistemas de drenagem e serve para realizar a retenção de partículas de solo a fim de evitar a obstrução dos drenos.

Abaixo é possível observar as figuras que apresentam as conexões dos tubos para drenagem nos lisímetros (Figura 1A), a disposição da brita (Figura 1B) e manta Bidim sobrepondo a brita (Figura 1C) como elementos filtrantes da água drenada, o poço de coleta da água drenada com os respectivos registros (Figura 1D) e a alocação dos lisímetros e do poço de coleta na área experimental (Figura 1E).




Figura 1. Lisímetro com as conexões dos tubos de drenagem (A). Brita para filtragem (B). Manta Bidim para filtragem (C). Poço de coleta (D). Lisímetros e poço de coleta na área (E).

A Figura 2 detalha o lisímetro e a disposição de seus componentes, bem como a distribuição dos pontos de drenagem do lisímetro.

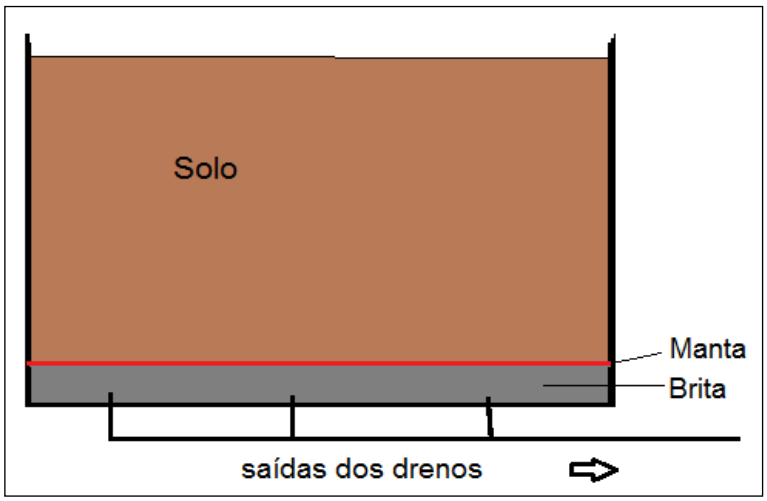



Figura 2. Corte AA com o detalhamento dos componentes do lisímetro de drenagem.

**2.2** DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO NO SOLO

Após a fase de construção e instalação dos lisímetros na área do experimento, iniciou-se a fase de verificações e medições. Inicialmente irrigou-se a área dos lisímetros até que a água fosse drenada, e procedeu-se com a irrigação até que todo o ar dos poros do solo fosse retirado, ficando o solo saturado.

Foi realizado por um período de 10 dias seguidos o balanço hídrico do solo, contabilizando as entradas e saídas de água no solo: As precipitações ocorridas nesse período foram contabilizadas como entradas de água no sistema, juntamente com a irrigação, enquanto que os volumes drenados e evaporados foram contabilizados como saídas de água no sistema, para fins de determinação do balanço hídrico (BH) no local, foi realizado por meio da Equação 1.

$$BH = (P + I) – (D + E) \qquad \text{(Equação 1)}$$

Onde: P = precipitação (mm); I = lâmina de irrigação aplicada (mm); D = água drenada e contabilizada no coletor graduado (mm); E = evaporação da água do solo, que pode ser obtida pela diferença resultante entre as entradas e o valor drenado, considerando um armazenamento estável durante o período.

Os dados de entradas e saídas de água nos lisímetros foram analisados quanto a média entre os lisimetros, visando identificar ou compara-los quanto a varação de valores e leituras, durante os testes. Também realizar uma correlação entre a evaporação obtida no Tanque Classe A e nos lisímetros, bem como a amostragem de solo para determinação da densidade em cada lisímetro. Verificou-se, também, a relação da evaporação nos lisímetros com os dados da estação meteorológica como temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar, haja visto que a intensidade de tais fatores exercem influência direta sobre a evaporação de água.

**2.3** DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE (DS) E UMIDADE DO SOLO (U)

Ao final da etapa de determinação do balanço hídrico, encerraram-se as entradas de água via irrigação nos lisímetros e procedeu-se as coletas de amostras de solo para as determinações de densidade do solo dentro e fora dos lisímetros e também para a realização da determinação da variação do teor de água no solo dos lisímetros ao logo dos dias subsequentes.

As amostras de solo indeformadas foram coletadas por meio de um trado manual tipo *Uhland* modelo TU com anel volumétrico de aço inox com bordas cortantes. As coletas de solo para densidade e umidade do solo foi por um período de cinco dias subsequentes. Em cada um dos três lisímetros, foram amostradas o solo em cinco profundidades diferentes (0-10; 10-20; 20-30; 30-

40; 40-50 cm), e em posições diferentes em cada dia, para as devidas avaliações. Foram coletadas, também, amostras nas mesmas profundidades, no solo da área externa próxima aos lisímetros, visando realizar um comparativo entre as densidades do solo dentro e fora dos lisímetros. No total, foram coletadas cinco amostras de solos em cada profundidade para cada lisímetro, perfazendo assim oitenta amostras, somadas já as cinco amostras externas, que foram utilizadas nas análises de densidade e umidade do solo.

As amostras de solo foram acomodadas em saquinhos de papel Kraft e devidamente identificadas, que após efetuou-se a pesagem de cada amostra por meio de uma balança de precisão (solo úmido) e na sequencia as amostras foram colocadas para secar em uma estufa termoelétrica de circulação forçada à temperatura de 105°C por um período de 48 horas, retiradas e novamente pesadas (solo seco). A densidade do solo (Ds) foi obtida por meio da Equação 2.

$$Ds=m/v \qquad \text{(Equação 2)}$$

Onde: Ds=densidade do solo ($g.cm^{-1}$); m=massa do solo seco (g); v= volume do anel coletor ($cm^3$).

Quanto a densidade do solo, foi calculada a média e desvio padrão (σ) para cada profundidade em cada lisímetro, afim de verificar a homogeneidade do parâmetro nos lisimetros, bem como o comparativo ao solo na área externa ao lisimetro. A umidade do solo (U) foi obtida por meio da equação 3.

$$U=(Mu/Ms)x100 \qquad \text{(Equação 3)}$$

Em que: U=umidade (%); Mu=massa do solo úmido (g); Ms=massa do solo seco (g).

A umidade do solo foi avaliada quanto a média dos três lisímetros para o período de cinco dias após a interrupção da irrigação.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 DENSIDADE DO SOLO (DS)

Observou-se que as densidades médias do solo obtidas no período, não tiveram variações expressivas quando comparadas na mesma profundidade para os três lisímetros. As densidades de solo obtidas na região fora dos lisímetros apresentaram valores ligeiramente superiores que as densidades do solo dos lisímetros, quando comparados na mesma profundidade, conforme pode ser observado na Figura 3.

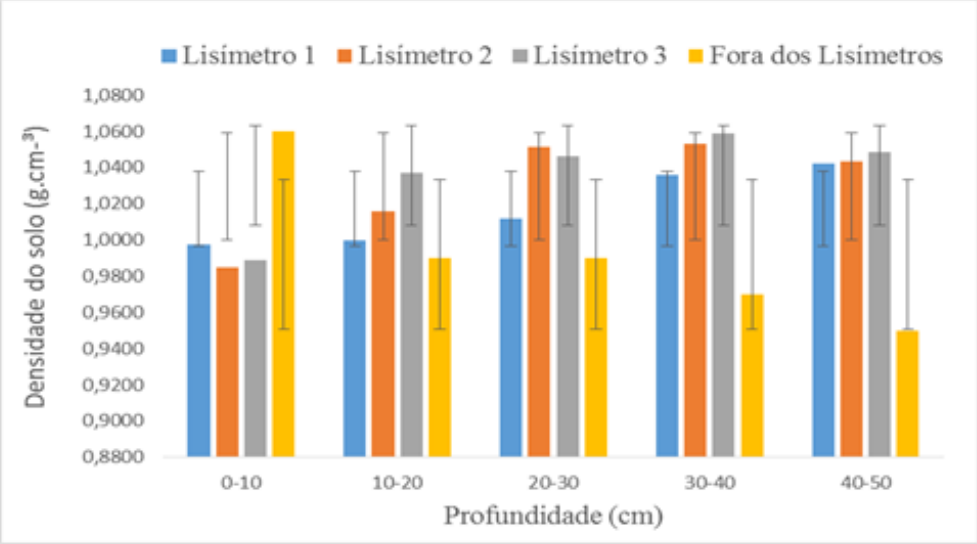



Figura 3. Densidades médias com desvios padrão dos solos nos três lisímetros (interna) e externa aos lisímetros em um Latossolo Vermelho distrófico

Verificou-se ainda (Figura 3), que para os três lisímetros a densidade do solo aumentou com a profundidade, mas sem variações significativas, tal fenômeno também já foi descrito por Cavalieri et al. (2006), ao avaliarem os efeitos dos sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo com a mesma classificação desta pesquisa.

O solo da área externa aos lisímetros apresentou (Figura 3), densidades do solo com maiores valores nos horizontes superficiais do solo (0-10; 10-20; 20-30 cm) e ligeira redução nas duas camadas mais profundas (30-40 e 40-50 cm), mesmo assim, a variação nos valores não foram tão discrepantes. Tal efeito pode ter ocorrido pela força exercida no solo, seja por meio do trânsito de pessoas e/ou veículos no local cujo efeito é a maior compactação e o consequente aumento da densidade do solo na camada mais superficial. Alves et al. (2017), descreveram tais efeitos sobre a densidade do solo em sua pesquisa em um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação.

## 3.2 BALANÇO HÍDRICO DO SOLO

A lamina de água drenada e evaporada variaram ao longo dos dias, mesmo com a aplicação de uma lâmina de irrigação uniforme nos lisímetros (média diária de 17,46 mm), isso se dá devido as oscilações de evaporação no solo ocasionadas por variações de condições climáticas como: temperatura do ar, radiação solar e umidade relativa, ocorridos no período (Figura 4). Stone e Silveira (1995), reforçam essa suposição ao destacar que tais fatores são preponderantes no processo de evaporação da água.

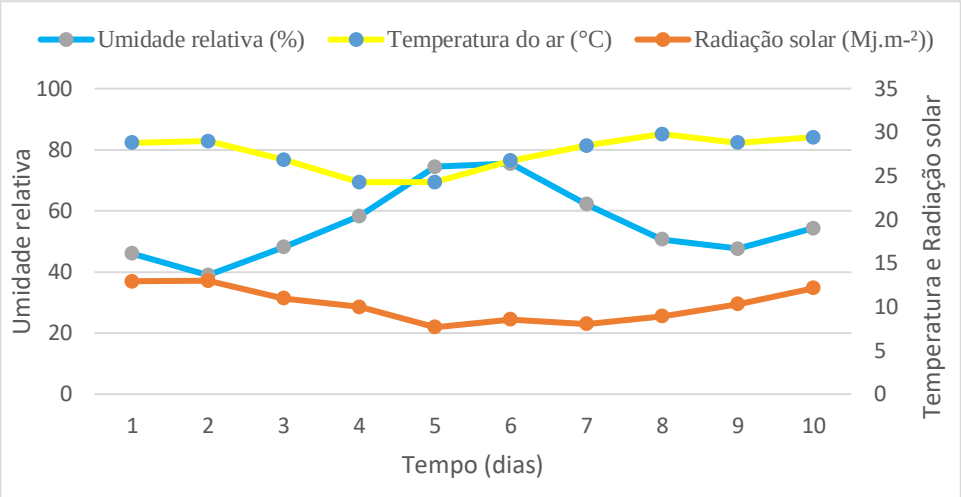



Figura 4. Médias diárias da temperatura do ar (°C), radiação solar (Mj.m$^{-2}$) e umidade relativa (%), durante o período de avaliações de balanço hídrico no solo.

Na Figura 4, observam-se as médias diárias de temperatura do ar, radiação solar e umidade relativa ocorridas no local durante a fase de avaliações no experimento. Constatou-se que nos dias em que houveram precipitações no local, posteriormente ocorreram aumento no volume drenado e em contrapartida a redução da evaporação tanto nos lisímetros, quanto no Tanque Classe A (Figura 5), o que corrobora com a sustentação por Miranda et al. (2016), de que em dias com temperaturas mais amenas e umidade relativa do ar mais elevada, principalmente em dias chuvosos, há uma menor evaporação de água para a atmosfera.

A Figura 5, apresenta as variações de entrada e saída de água ao longo de 10 dias de avaliações, bem como as curvas obtidas a partir dos valores de: média de lâmina de irrigação, precipitação, drenagem, evaporação média nos lisímetros e evaporação no Tanque Classe A.

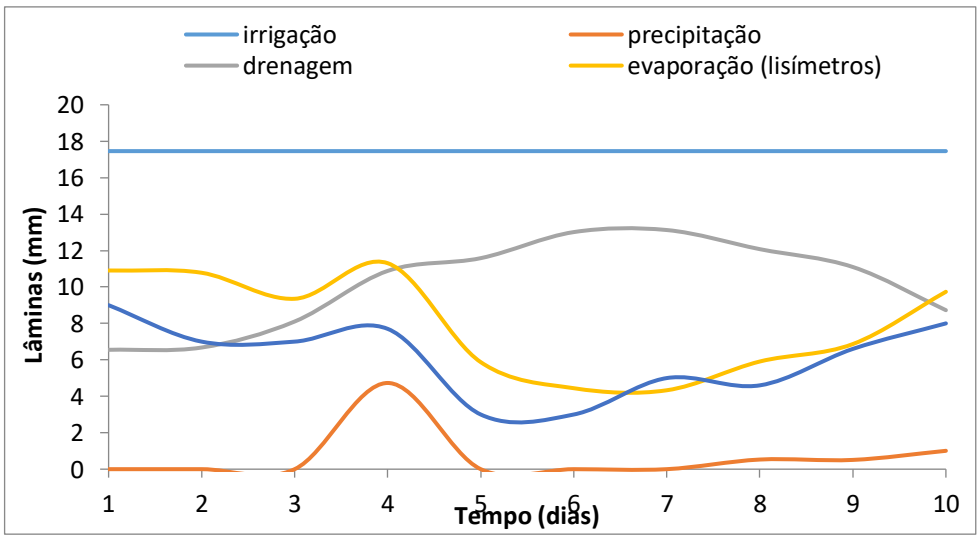



Figura 5. Lâminas de entradas e saídas de água nos lisímetros de drenagem em um solo Latossolo Vermelho distrófico, e evaporação no Tanque Classe A (Etca).

A evaporação obtida pelo balanço hídrico nos lisímetros foi superior ao aferido no Tanque Classe A para a maior parte dos dias analisados (Figura 5), exceto o sétimo dia da avaliação em que a evaporação do Tanque classe A foi ligeiramente maior que nos lisímetros.

A evaporação superior nos lisímetros comparado ao tanque classe A, deve se observar a lacuna de tempo entre a entrada (irrigação) e a saída (drenagem). Outro fator a se observar é a lamina de entrada ser insuficiente para permitir saídas por meio da evaporação e drenagem. Bernardo (2002), defende que a irrigação nos lisímetros deve ser frequente e com determinada quantidade de água, a fim de permitir que cerca de 10% da água aplicada seja efetivamente drenada.

Mesmo obtendo valores de evaporação ligeiramente diferentes, constatou-se que existe uma forte correlação linear (r=0,87) entre as variáveis de evaporação nos lisímetros e evaporação no Tanque Classe A, valores similares de correlação foram obtidos por Carvalho et al. (2007), ao realizarem comparações entre os valores de ETo do Tanque Classe A e os obtidos por meio de lisímetro de pesagem em Seropédica-RJ, quando obtiveram índice de 0,90. A correlação obtida demonstra uma tendência à equiparação entre as variáveis analisadas nos lisímetros e medidos no Tanque classe A.

A Figura 6, apresenta uma comparação linear da dispersão dos valores de evaporações nos lisímetros e no Tanque Classe A, bem como o coeficiente de correlação de pearson, registradas durante os 10 dias de avaliação.

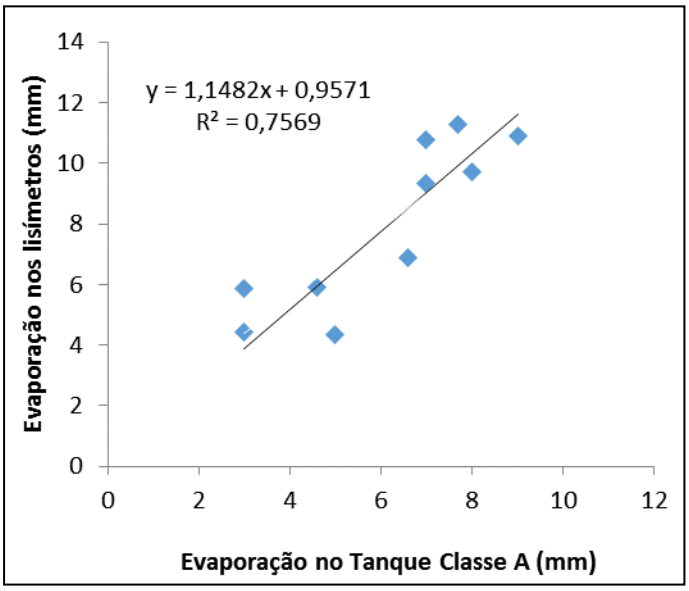



Figura 6. Correlação da evaporação média nos lisímetros e no Tanque Classe A.

## 3.3 UMIDADE DO SOLO NO PERFIL

Das médias de umidades do solo nos lisímetros, constatou-se o aumento na umidade em função das profundidades, sendo que há uma tendência à gradativa redução da umidade do solo com o passar do tempo, desde que não ocorram novas entradas.

O solo tende a perder umidade para a atmosfera no decorrer do tempo, com uma taxa de evaporação maior na camada mais superficial do solo, devido a ação do vento e irradiação solar incidente e, também, pela demanda evaporativa da atmosfera cuja intensidade depende da ação dos fatores climáticos. Na Figura 7 é possível identificar a variação da umidade no solo dos lisímetros em função das profundidades analisadas e ao longo do tempo.

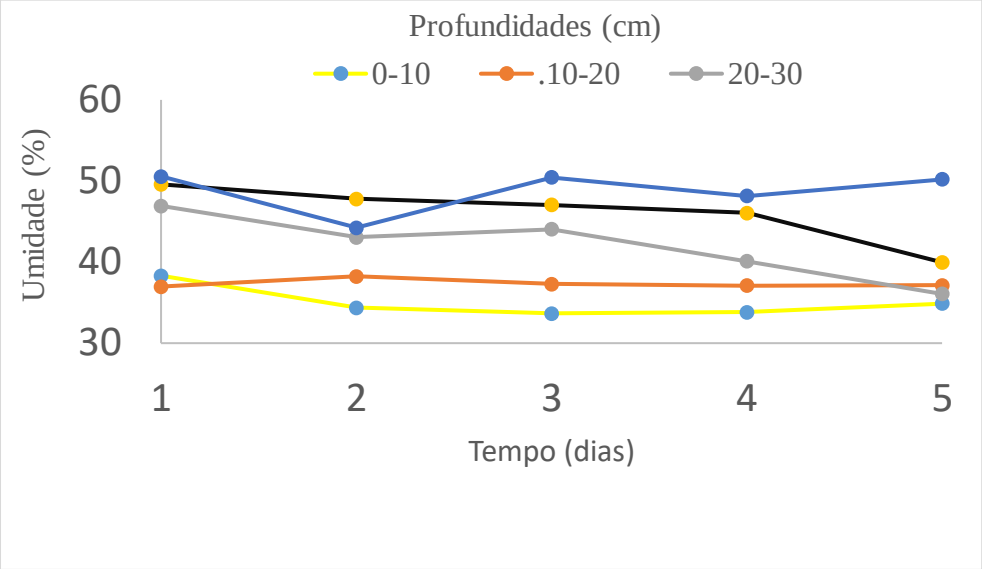



Figura 7. Variação da umidade em lisimetros com Latossolo Vermelho distrófico em diferentes profundidades ao longo do tempo.

Na Figura 7, percebe-se que no quarto dia houve um pequeno acréscimo na umidade do solo, tal se deve à precipitação ocorrida nesse dia, provocando o reumedecimento do solo.

## 4 CONCLUSÕES

A construção, montagem e o desempenho dos lisímetros apresentam resultados satisfatórios para as condições de medição de lamina drenada e evaporada.

A evaporação dos lisimetros apresenta alta correlação (r=0,87) com a evaporação do tanque Classe A.

A densidade do solo nos lisímetros aumentou com a profundidade, já a densidade obtida no solo da área externa aos lisímetros foi maior nos horizontes superficiais do solo.

Não foram constatadas variações significativas nas densidades do solo de dentro e fora dos lisímetros.

## REFERÊNCIAS

ALVES, E. S.; LIMA, D.F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P. dos; SANTOS, M. A. L. dos. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. **Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6.ed. UFV. Viçosa-Mg. 2002. p.56

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, 2007.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; VIDIGAL, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; COSTA, A. C. S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 137-147, 2006.

FRIZZONE, J. A. **Os métodos de irrigação**. Departamento de Engenharia de Biossistemas. Notas de Aula da disciplina LEB 1571 – Irrigação. Piracicaba – SP, 2017.

LOPES, M.N.; POMPEU, R.C.F.F.; SILVA, R.G.; REGADAS FILHO, J.G.L.; LACERDA, C.F.; BEZERRA, M.A. Fluxo de biomassa e estrutura do dossel em capim braquiária manejado, sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.2, p.490-500, 2014.

MANTOVANI, E. C. **Modelagem de lixiviação do herbicida picloram através de lisímetro de drenagem sob vegetação de** *Brachiaria decumbens***.** Campinas, SP: 154p. 2007. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. 2007. 154p.

MARQUES, P. A. A.; JOSÉ, J.V.; ROCHA, H. S. da; FRAGA, E. F. J.; SOARES, D. A.; et. al. Consumo hídrico do manjericão por meio de lisímetro de drenagem. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 745-761, 2015.

MIRANDA, W. L.; CARVALHO, L.G.; NETO, P. C.; SANTOS, P. A. B. Utilização do lisímetro de drenagem para obtenção do Kc da mamoneira em plantio adensado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.** v. 11, n.1, p. 08-13, 2016.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada.** Fortaleza, CE, INOVAGRI, v.4, nº. 3, p.142–149. 2010.

SANTOS, H. G. dos; CARVALHO JUNIOR, W. de; DART, R. de O.; AGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S. de; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. da S; OLIVEIRA, A. P. de. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada.** Documentos, 130. Rio de janeiro: Embrapa Solos, 2011.

SILVA, J. D. L. da. **Convenções e tratados de meio ambiente no combate à seca e desertificação no nordeste brasileiro e suas políticas públicas: 1 milhão de cisternas.** Centro Universitário Tabosa de Almeida (ASCES-UNITA). 2017. 51p.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da**. Determinação da evapotranspiração para fins de irrigação.** Goiânia: Documentos, 55. EMBRAPA-CNPAF. 1995. 49p.