

# Avaliação hidráulica em sistemas de irrigação por gotejamento com duas linhas laterais

R. L. S. Almeida<sup>1</sup>; L. H. G. Chaves<sup>2</sup>; R. L. S. Almeida Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Naturais/ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 45700-000, Itapetinga-BA, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Agrícola/Laboratório de Irrigação e Salinidade /Universidade Federal de Campina Grande, 58429-140, Campina Grande, PB, Brasil

lhgarofalo@hotmail.com.

(Recebido em 30 de setembro de 2014; aceito em 8 de janeiro de 2015)

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a desempenho hidráulico de um sistema de irrigação localizada por gotejamento com duas linhas laterais por fileira de planta, através da análise da uniformidade de emissão de água em três situações distintas e do perfil da lâmina de água distribuída na área experimental. Os procedimentos experimentais foram conduzidos na Fazenda Vale do Sol, município de Jequié-Bahia, no período de Março a Junho de 2011. A área experimental de 0,18ha era irrigada por sistema de irrigação localizada por gotejamento composto de duas linhas laterais por fileira de planta com gotejadores autocompensantes, de vazão 1,6 L.h<sup>-1</sup> e pressão de 196 kPa. Foi aplicada a metodologia considerando três condições: as vazões da linha lateral a direita da fileira de planta, as vazões da linha lateral a esquerda da fileira de planta e a média das vazões entre estas posições. Os coeficientes de uniformidade em sua maioria apresentaram valores classificados como excelente sendo o valor médio entre todos de 90,15%; 93,10% e 94,13%, respectivamente para as condições analisadas.

Palavras-chave: irrigação localizada, uniformidade de irrigação, linhas laterais.

## Evaluation of hydraulic systems drip irrigation line with two side by plant row

The objective of this research was to evaluate the hydraulic performance of a drip irrigation system localized with two lateral lines per row of plants, through an analysis of the emission uniformity of water in three distinct situations and profile the water blade distributed in the area experimental. The experimental procedures were conducted in Fazenda Vale do Sol, municipality of Jequié, Bahia, in the period from February to October 2011. The experimental area of 0.18 ha was irrigated by drip irrigation system consists of two drip lines per row side plant drip, flow 1.6 L.h<sup>-1</sup> and 196 kPa pressure. Methodology was applied by considering three cases: flow rates from the side line right of the row of plants; flow rates from the sideline to the left of the row of plants and the average flow between these positions. The uniformity coefficient mostly showed values rated as excellent with an average of 90.15% among all, 93.10% and 94.13%, respectively for the conditions analyzed.

Keywords: located irrigation, irrigation uniformity, side lines.

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da produção agrícola está diretamente relacionado com a utilização de sistemas de irrigação eficientes, que garante um bom retorno do investimento aplicado pelo produtor, pois permite melhor aproveitamento da água aplicada e maiores números de colheitas em um determinado período. A relação entre o rendimento da cultura e o suprimento de água pode ser determinada quando se puder quantificar, de um lado, as necessidades hídricas das culturas e os efeitos de déficit hídricos e, de outro, os rendimentos máximo e real da cultura.

Nas regiões áridas e semi-áridas onde há predominância de temperaturas médias anuais elevadas e constantes, apresentando baixos teores de umidade e escassez de chuvas anuais, a

água se torna fator limitante ao desenvolvimento das culturas. O correto manejo deste insumo associado a um bom dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação é fundamental para o aumento da produção.

Os sistemas de irrigação localizada se caracterizam por aplicar água somente no sistema radicular das culturas em pequenas intensidades porém alta frequência, turno de rega de um a quatro dias, de modo que se mantenha a umidade do solo ao nível da capacidade de campo ou próximo dele [1]. A irrigação por gotejamento ideal é aquela que pode irrigar uniformemente, isto é, cada safada com a mesma vazão [2].

A uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por gotejamento pode ser expressa através de vários coeficientes, destacando-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) [3], e o coeficiente de uniformidade de emissão (CUE) [4] [5].

Considerando a ausência de avaliação em nível de campo dos sistemas de irrigação por gotejamento com duas fitas gotejadora na grande maioria dos municípios brasileiros, bem como números limitados de artigos técnicos que se refiram a esse tema é que se torna pertinente este estudo.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho hidráulico de um sistema de irrigação localizada por gotejamento com duas linhas laterais por fileira de planta, através da análise da uniformidade de emissão de água em três situações distintas e do perfil da lâmina de água distribuída na área experimental.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na fazenda Vale do Sol no período de 19/03 /2011 até 26/06/2011, em Jequié, Bahia ( $13^{\circ}51'28''S$ ,  $40^{\circ}5'2''W$  e altitude de 199 metros). A classificação climática de Köppen indica que a área da pesquisa esta sob domínio do clima Aw: Clima quente com mês mais frio com temperatura média superior a  $18^{\circ}C$ . A umidade relativa mínima do ar é de 58,3% e a máxima 72,9%. O solo apresentou as seguintes características físico-químicas: areia =  $683,8 \text{ g kg}^{-1}$ ; silte =  $228,8 \text{ g kg}^{-1}$ ; argila =  $87,4 \text{ g kg}^{-1}$ ; pH ( $H_2O$ ) = 6,48; Ca =  $2,53 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ; Mg =  $1,81 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ; Na =  $0,03 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ; K =  $0,28 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ; H + Al =  $0,84 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ; MO =  $1,0 \text{ g kg}^{-1}$ ; P =  $11,2 \text{ mg kg}^{-1}$ .

A água utilizada na irrigação apresentou as seguintes características químicas: pH = 6,9; CE =  $0,24 \text{ dS m}^{-1}$ ; Ca =  $1,0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ; Mg =  $1,24 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ; Na =  $0,87 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ; K =  $0,46 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ; Cloretos =  $1,73 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ; Bicarbonatos =  $1,70 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ; Sulfatos = Ausentes; RAS =  $1,3 (\text{mmol L}^{-1})^{1/2}$ ; classe da água = C2S1.

A água utilizada na irrigação foi classificada como C2-S1, ou seja, água com salinidade média e baixo teor em sódio que pode ser utilizada na irrigação em quase todos os tipos de solos. O sistema de irrigação localizada por gotejamento instalado no campo em Fevereiro de 2011 era um sistema novo, composto de gotejadores autocompensantes da marca Streamline com baixo coeficiente de variação de fabricação, espaçados de 0,70 m, trabalhando com vazão de  $1,6 \text{ L.h}^{-1}$  e pressão de 196 kPa, fitas gotejadoras, tubos de pvc de 1", 1 1/4", 2", válvulas solenóides sendo controlada por um multi programador de irrigação de 6 setores, 18 conectores em forma de "Y" para adaptação das fitas gotejadoras na tubulação principal, venturi, filtros de disco e registros entre outros acessórios.

O sistema era utilizado para irrigar a cultura do cacau clonal CCN-51 em latossolo amarelo em relevo com declividade média de 0,25 m no sentido da linha principal e 0,15 m da linha lateral, tinha como base a lâmina bruta (LB) necessária para repor a água evapotranspirada. O sistema era lavado semanalmente sempre que se realizava a fertirrigação.

Para a avaliação hidráulica foi utilizado o cálculo da uniformidade de emissão de água no campo em três situações: 1- para a linha lateral localizada a direita da fileira de planta, 2- para a linha lateral localizada a esquerda da fileira de planta e 3- Sendo a média um valor representativo para uma série de dados e considerada uma medida de tendência central, utilizou-se o valor das vazões coletadas nas situações anteriores para o cálculo da medida central e da uniformidade de emissão de água [6].

A metodologia utilizada para cada situação foi proposta por [5] a qual recomenda a obtenção de vazão em quatro pontos ao longo da linha lateral, do primeiro gotejador, dos gotejadores situados a 1/3 e a 2/3 do comprimento e o último gotejador. As linhas laterais selecionadas, ao longo da linha de derivação, devem ser a primeira, as situadas a 1/3 e 2/3 do comprimento e a última linha lateral.

Para obtenção destas vazões foram utilizados uma proveta graduada de 50 mL, um cronômetro digital e recipientes de 100 mm de diâmetro, sendo realizado três ensaios para cada emissor avaliado um total de 48 vazões para cada situação avaliada.

O cálculo da uniformidade de aplicação de água (CUC) foi dada pela Eq.1 [3]:

$$CUC = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{\sum_i |q_i - \bar{q}|}{n \cdot \bar{q}} \right] \quad (1)$$

Onde:

$q_i$  = vazão em cada emissor,  $Lh^{-1}$ ;

$\bar{q}$  = vazão média dos emissores,  $Lh^{-1}$ ;

$n$  = número de emissores.

O coeficiente de uniformidade de emissão de água (CUE) está definido pela Eq. 2, proposta por [5]:

$$CUE = 100 \cdot \left[ \frac{q_n}{\bar{q}} \right] \quad (2)$$

Onde:

$q_n$  = média de 25% das vazões com menores valores  $Lh^{-1}$ ;

A Eq.3 calcula o coeficiente de uniformidade de emissão absoluta (CUE<sub>a</sub>)

$$CUE_a = 50 \cdot \left[ \frac{q_n}{\bar{q}} + \frac{\bar{q}}{q_x} \right] \quad (3)$$

Onde:

$q_x$  = Média das 12,5 % maiores vazões observadas,  $L h^{-1}$ .

Para o cálculo do coeficiente de uniformidade estatística (CU<sub>s</sub>) temos a Eq.4.

$$CU_s = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{S_q}{\bar{q}} \right] \quad (4)$$

Onde:

$S_q$ : Desvio padrão da vazão do emissor;

Tabela 1: Classificação dos coeficientes de uniformidade de aplicação de água.

CLASSE	CUC (%)	CUE (%)	CUEa (%)	CU <sub>s</sub> (%)
Excelente	> 90	> 84	> 90	> 90
Bom	80-90	68-84	80-90	80-90
Razoável	70-80	52-68	70-80	70-80
Ruim	60-70	36-52	< 70	60-70
Inaceitável	<60	<36	--	<60

Fonte: [7].

O Coeficiente de Variação Global de Vazão (CVT) foi calculado de acordo com [8] e representado pela Eq.5.

$$CVT = 100 \cdot \frac{S_q}{\bar{q}}$$

(5)

Tabela 2: Classificação do Coeficiente de Variação Global de Vazão.

Grau de Uniformidade	CVT
Excelente	$CVT \leq 0,10$
Muito boa	$0,10 < CVT \leq 0,20$
Aceitável	$0,20 < CVT \leq 0,30$
Baixa	$0,30 < CVT \leq 0,40$
Inaceitável	$CVT > 0,40$

Fonte: [9]

Para o cálculo da eficiência de aplicação, foi utilizada a equação 6.

$$E_a = 0,9 \cdot CUE \quad (6)$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com exceção do coeficiente de uniformidade de emissão absoluta ( $CUE_a$ ) para a posição a direita da fileira de planta (87,5%) que foi classificado como “bom”, todos os demais valores dos coeficientes de uniformidade (Tabela 3) estão com percentuais considerados excelentes de acordo com [7].

Os projetos avaliados por vários autores [13], [14] e [15], apresentaram valores de coeficientes de uniformidade abaixo de 80% ou seja, do percentual recomendado por diversos outros autores. Em se tratando de sistemas localizados, isto ocorre, provavelmente, por problemas de entupimento e manutenção inadequada do equipamento [1].

Em sistemas de irrigação novos com emissores apresentando coeficiente de variação de fabricação baixo os valores dos coeficientes de uniformidade obtidos geralmente estão vinculados apenas ao projeto hidráulico. Diversos autores têm encontrado coeficientes de uniformidades para irrigação localizada acima de 80% [10], [11] e [12], sendo que este percentual dá um indicativo de projetos com boa uniformidade de distribuição de água, o que pode ocorrer quando os projetos estão bem dimensionados e apresentam limpezas periódicas das linhas laterais e dos emissores.

Pela Tabela 3, verificou-se que a posição central, situação 3 descrita na metodologia, apresentou o maior valor (94,13 %) para a média dos coeficientes de uniformidade calculados.

Tabela 3: Coeficientes de uniformidade, estatística descritiva e eficiência de aplicação de água.

Coeficientes	Posições		
	Direita	Esquerda	Central
<b>CUC (%)</b>	93,0	94,9	96,1
<b>CUE (%)</b>	90,1	91,8	93,9
<b>CUEa (%)</b>	87,5	92,3	91,9
<b>CUs (%)</b>	90,0	93,4	94,6
<b>Média</b>	90,15b	93,10ab	94,13a
<b>Desvio padrão</b>	2,25	1,37	1,74
<b>CVT(%)</b>	9,9	6,6	5,4
<b>Ea (%)</b>	81,1	84,1	84,6

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ) pelo teste Tukey.

Os valores de CVT, apresentados na Tabela 3, estão classificados como “excelentes” [9], no entanto, os valores dos percentuais de variação de vazões encontrados ao longo das linhas laterais analisadas (Figura 1) estão acima do valor considerado como aceitável em sistemas de irrigação por gotejamento que é de 10%; isto pode ser um indicativo de falhas na

metodologia utilizada para cálculo de uniformidade corroborando [16]. Este mesmo autor comenta que a metodologia empregada para determinação da uniformidade apresenta falhas, quando aplicada na determinação da variação de vazão, por trabalhar com valores pontuais de coleta de vazão dos gotejadores.

Pela Tabela 3, verifica-se que houve diferença significativa ( $0,01 \leq p < 0,05$ ) das médias dos coeficientes de uniformidade entre as posições a direita da fileira de planta e a posição central, no entanto, para este mesmo nível de significância não houve diferença significativa entre as demais médias analisadas.

O sistema apresentou uma eficiência de aplicação de água ( $E_a$ ) variando de 81,1% a 84,6%, inferior ao valor recomendado por [17], que deve estar entre 90 a 95% em sistemas de irrigação localizados. Segundo [18] o entupimento dos gotejadores causado por sólidos em suspensão podem, também, diminuir a eficiência do sistema de irrigação, pois, partículas de areia e silte podem ser conduzidas para o interior do sistema de irrigação.

Para as situações descritas na metodologia percebe-se uma maior uniformidade das vazões na Figura 1C, principalmente até a distância de 25,9 m onde os valores foram praticamente idênticos com excesso de água de 5,3% e déficit de 6,3%. Para todas as condições estudadas houve excesso de água acima do percentual aceitável de 10%, chegando a um valor de 26% quando analisada a vazão em relação a situação 1 (Figura 1A).

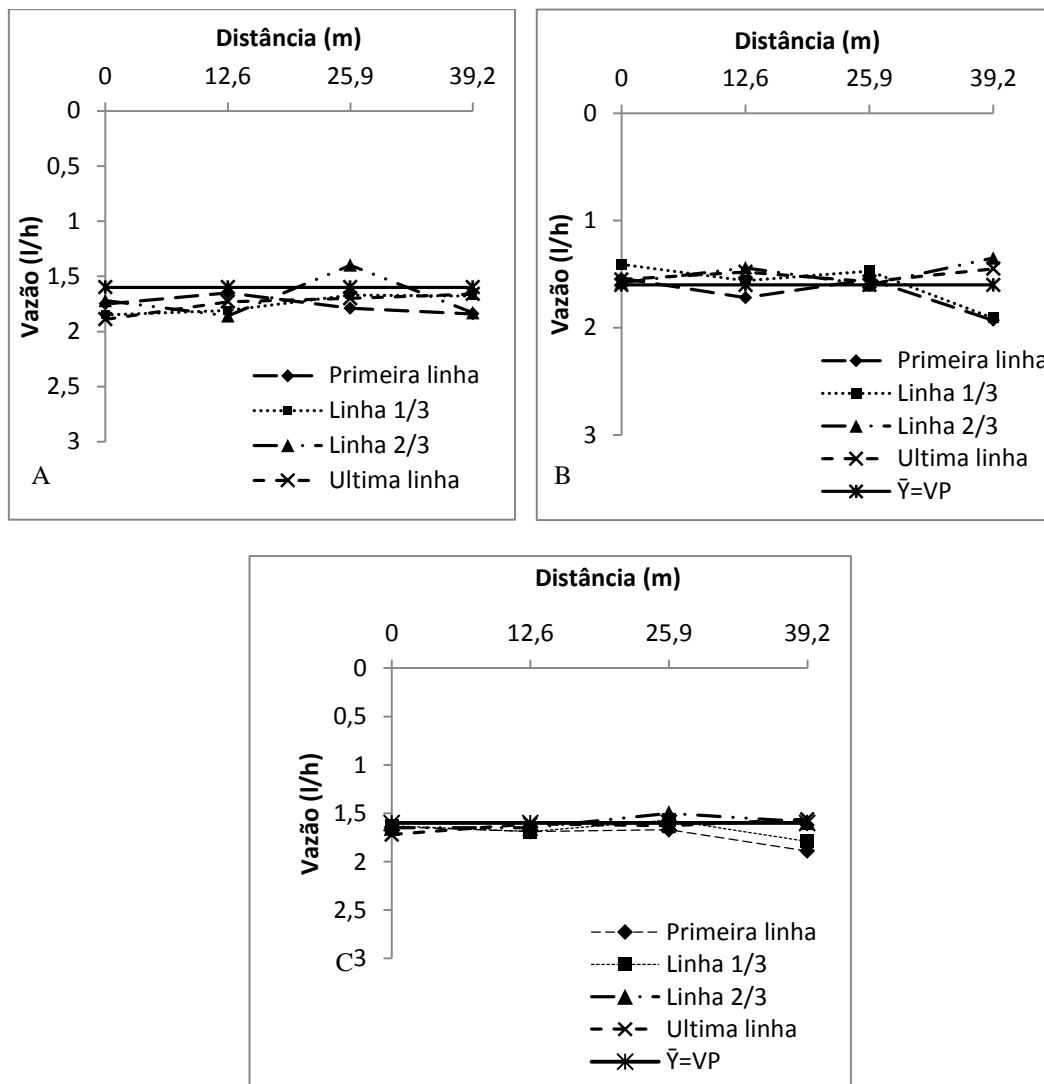


Figura 1: Vazão coletada ao longo das linhas laterais avaliadas e vazão média projetada para a posição a direita (A), esquerda (B) e central em relação a fileira de Planta (C).

A Figura 2 mostra o semi perfil da lâmina média de água (mm), projetada para o período e da lâmina distribuída ao longo da área (mm); os valores indicam haver excesso de água sobre a área irrigada de 6,2% e déficit de 0,39%. Estes valores encontrados estão dentro dos limites considerados como permissíveis, os quais foram divergentes por [19], que avaliando sistemas de gotejo encontraram excessos de água aplicada variando de 17,2% a 118%.

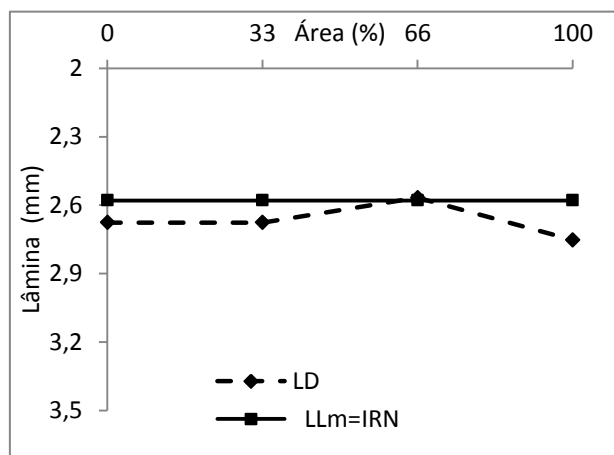


Figura 2: Perfil da lâmina de água distribuída (LD) ao longo da área e da lâmina líquida média de irrigação (LLm), dimensionada para o período.

#### 4. CONCLUSÃO

A pequena área avaliada (0,18 ha) e os gotejadores autocompensantes podem ter influenciado na mínima variabilidade de aplicação de água. Os coeficientes de uniformidade em sua maioria apresentaram valores classificados como excelentes, sendo que a posição central apresenta um valor máximo de 94,13 %, com base neste valor a terceira situação descrita na metodologia é a melhor. O manejo da irrigação mostra excessos e déficits de água em alguns pontos da área.

- Bernardo S; Soares AA; Mantovani EC. Manual de Irrigação. 8 ed., Viçosa: UFV. 2006.
- Wu IP; Gitlin HM. Drip irrigation application efficiency and schedules. Transactions of the ASAE. St. Joseph. 1983; 26(1): 92-99.
- Christiansen JE. Irrigation by sprinkling. Berkeley: California Agricultural Station. 1942. Bulletin, 67.
- Denículi W; Bernardo S; Thiábaut JTL; Sediya GC. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. Revista Ceres. Viçosa. 1980; 27 (50): 155-162.
- Keller J; Karmeli D. Trickle Irrigation Design. Glendora: Rain Bird Sprinklers Manufacturing Corp. 1975.
- Bussab WO; Morettin PA. Estatística básica. 5 ed. São Paulo: Editora Saraiva. 2002.
- Mantovani EC. Avaliação: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada. Viçosa: UFV. 2001.
- Bralts VF; Kesner C. Drip irrigation field uniformity estimation. Transactions of the ASAE. St. Joseph. 1983; 24(5):1369-74.
- Miranda JH; Pires RCM. (Coordenadora). Irrigação. Piracicaba: Funep. 2003. (Série Engenharia Agrícola, 1).
- Almeida FT. Avaliação dos sistemas de irrigação pressurizados e do manejo da água na cultura da banana no Projeto Gorutuba. Dissertação Mestrado. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa; 1997. 96p.
- Barreto Filho AA; Dantas Neto J; Matos JA; Gomes EM. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande. 2000; 4(3): 309-314.
- Barros AC; Aguiar Netto AO; Rosa YRS; Melo AS; Brito MEB. Qualidade da irrigação por microaspersão em pomar de banana (*Musa spp.*) fertirrigado. Revista Magistra. Cruz das Almas. 2008; 20(2): 197-203.

- 
13. Bonomo R. Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais. Tese Doutorado. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa; 1999. 224p.
  14. Chamon O. Estudo comparativo da demanda de água e do manejo em sistemas de irrigação em lavouras de café. Dissertação Mestrado. Vitória-ES: Universidade Federal do Espírito Santo; 2002. 135p.
  15. Capra A; Scicolone B. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1998; 70: 355-365.
  16. Souza LOC; Mantovani EC; Soares AA; Ramos MM; Freitas PSL. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande. 2006; 10(3): 541–548.
  17. Vermeiren L; Jobling GA. Irrigação Localizada. Campina Grande: UFPB. 1997. (Estudos FAO - Irrigação e Drenagem, 36).
  18. Ayers RS; Westcot DW. Tradução de Gheyi HR; Medeiros JF; Damasceno FAV. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB. 1999. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado1).
  19. Reis EF; Barros FM; Campanharo M; Pezzopane J.E.M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento. *Revista Engenharia na Agricultura*. Viçosa. 2005; 13(2): 74-81.
-