

## CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE GOTEJADORES DE FLUXO TURBULENTO

**JOÃO A. FISCHER FILHO; YANE DE FREITAS DA SILVA; ALEXANDRE B. DALRI; LUIZ FABIANO PALARETTI; JOSÉ R. ZANINI E ANDERSON PRATES COELHO**

*Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista – Câmpus Jaboticabal, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castelane, Vila Industrial, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: [joaofischer16@gmail.com](mailto:joaofischer16@gmail.com), [yaneasilva@gmail.com](mailto:yaneasilva@gmail.com), [dalri@fcav.unesp.br](mailto:dalri@fcav.unesp.br), [lfpalaretti@fcav.unesp.br](mailto:lfpalaretti@fcav.unesp.br), [jrganini@fcav.unesp.br](mailto:jrganini@fcav.unesp.br), [anderson\\_100ssp@hotmail.com](mailto:anderson_100ssp@hotmail.com)*

### 1 RESUMO

Na avaliação do desempenho hidráulico de quatro modelos de gotejadores não autocompensantes foi utilizada uma bancada de ensaios com capacidade para 25 gotejadores de cada modelo. Cada modelo foi submetido a diferentes pressões ( $p$ ), determinando-se assim a vazão média ( $q$ ), o coeficiente de variação de fabricação ( $CV_f$ ) e a equação característica do gotejador ( $q$  versus  $p$ ). Posteriormente foram determinados, em condições de campo, em uma área plana, os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) para 16 gotejadores de cada modelo avaliado. Foi adotado delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e teste de Tukey para comparação das médias de CUC e CUD. Os quatro modelos, operando nas pressões nominais, apresentaram vazões de, respectivamente, 2,22; 1,30; 1,45 e 1,93 L h<sup>-1</sup> e  $CV_f$  médio de, respectivamente, 1,30%; 3,61%; 2,65% e 3,97%, sendo caracterizados como de excelente e média uniformidade. Os quatro modelos enquadraram-se em regime de escoamento turbulento, com valores de expoente “ $x$ ” da equação característica do gotejador variando entre 0,4714 e 0,5174, e coeficientes de determinação  $R^2$  superiores a 99%. Os valores de CUC e CUD diferiram estatisticamente e foram, em média, superiores a 90% e, destacando positivamente os gotejadores Dripteck e Dripline.

**Palavras-chave:** equação característica, irrigação por gotejamento, uniformidade

**FISCHER FILHO, J. A.; SILVA, Y. F.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; ZANINI, J. R.; COELHO, A. P.**  
**HYDRAULIC CHARACTERIZATION OF TURBULENT FLOW DRIPPERS**

### 2 ABSTRACT

In the evaluation of hydraulic performance of four models of not self-compensating drippers was used a bench of tests with capacity for 25 drippers of each model. Each model was subjected to different pressures ( $p$ ), thus determining the mean flow rate ( $q$ ), the coefficient of manufacturing variation ( $CV_f$ ) and the characteristic equation of the dripper ( $q$  versus  $p$ ). Subsequently, the Christiansen (CUC) and distribution (CUD) uniformity coefficients for 16 drippers of each evaluated model were determined under field conditions in a flat area. A

completely randomized design with four repetitions and Tukey's test were used to compare means of CUD and CUC. The four models, operating at nominal pressures, had flow rates of, respectively, 2.22; 1.30; 1.45 and 1.93 L h<sup>-1</sup> and mean CVf of, respectively, 1.30%; 3.61%; 2.65% and 3.97%, being characterized as having excellent and average uniformity. The four models were fitted under a turbulent flow regime, with exponent values "x" of the characteristic equation of the dripper varying between 0.4714 and 0.5174, and R<sup>2</sup> determination coefficients above 99%. The values of CUC and CUD differed statistically and were, on average, higher than 90% and, in particular, the Driptech and Dripline drippers.

**Keywords:** characteristic equation, drip irrigation, uniformity

### 3 INTRODUÇÃO

O gotejamento é considerado o sistema de irrigação mais eficiente na distribuição de água. A uniformidade de aplicação de água é um fator importante na aquisição de equipamentos de irrigação, pois influencia diretamente na lâmina de água aplicada. A desuniformidade na aplicação de água resulta em áreas molhadas heterogêneas que prejudicam o crescimento das plantas (BRAUER et al., 2011; BODOLE, KOECH, PEZZANITI, 2016). Assim, a determinação do desempenho hidráulico do emissor é importante para sua adequação ao sistema de irrigação localizada (DALRI et al., 2015).

A variação durante a fabricação dos emissores e aspectos de design do labirinto do gotejador são os dois principais fatores que afetam a distribuição de água em sistemas de gotejamento (FRIZZONE e DOURADO NETO, 2003). Deste modo, o coeficiente de variação de fabricação (CVf), que é uma medida de variação de fluxo causada por variabilidade no processo de fabricação (ABREU et al., 1987), a curva característica e a uniformidade de distribuição de água são parâmetros essenciais para a determinação da qualidade dos gotejadores (SAAD e JEFERY, 2015).

A equação geral dos emissores descreve o comportamento da vazão (q) em função da pressão de operação (p). A equação depende das características

geométricas dos emissores, pressão de serviço e viscosidade do fluido e que dentro de um limite de vazão, o expoente "x" caracteriza o regime de fluxo e a relação q versus p (KELLER e KARMELI, 1975). Essa relação permite estabelecer se a vazão do emissor é sensível a variação da pressão, caracterizando o gotejador como sendo do tipo não autocompensante, ou se não é sensível a variação de pressão, caracterizando-o como autocompensante (FRIZONE et al., 2012).

Como o labirinto constituinte dos emissores é extremamente pequeno e complexo, alterações mínimas nos parâmetros geométricos destes labirintos podem afetar diretamente o desempenho hidráulico, a uniformidade de distribuição de água e o tempo de uso de um sistema de irrigação por gotejamento (KAHLLOWN e KEMPER, 2007). Hezarjaribi et al. (2008) estudando o desempenho hidráulico de emissores operando em diferentes pressões observaram que os resultados variaram entre os gotejadores e os dados fornecidos pelo fabricante, concluindo que projetos de irrigação localizada devem basear-se em dados de testes confiáveis e não apenas nas especificações do fabricante.

Considerando que o processo de fabricação de um gotejador pode afetar o seu desempenho, e a importância de estudos que forneçam informações acerca das características hidráulicas de gotejadores, observando-se possíveis alterações que possam interferir negativamente na

irrigação, este estudo teve como objetivo analisar o desempenho hidráulico, em condições de campo e em laboratório, de quatro diferentes modelos de gotejadores não autocompensantes disponíveis no mercado.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no laboratório em uma bancada de ensaios para tubos gotejadores. Para realização destes testes, seguindo as recomendações específicas na Norma ISO:9261 ABNT (2006), foram utilizados aleatoriamente 25 gotejadores de quatro diferentes modelos de gotejadores (Tabela 1).

**Tabela 1.** Especificações técnicas dos tubos gotejadores avaliados, segundo catálogo de seus respectivos fabricantes.

Fabricante	Gotejador	Espaçamento (m)	Diâmetro nominal (mm)	Faixa de pressão (kPa)	Vazão (L h <sup>-1</sup> )
Drip-Plan	Drip-Tech	0,50	17	50 - 350	2,30
Petroisa	Durázio	0,30	16	100	1,30
Irritec	P1	0,25	16	50 - 200	1,50
Netafim	Dripline	0,75	17	*	2,00

\* Dados não fornecidos pelo fabricante.

As vazões dos gotejadores foram determinadas nas pressões de 60, 80, 100, 120 e 140 kPa, e monitoradas com o auxílio de manômetros de Bourdon e de mercúrio. Para tanto, foram conectados os emissores na linha de alimentação e sob cada um deles foi colocado um coletor para coletar a água. O mesmo procedimento foi repetido para todos os gotejadores com o tempo de coleta de três minutos. Em seguida, foi determinada a massa de água, a 20°C, dos

coletores em balança eletrônica, com precisão de 0,1 g, e transformada em volume, considerando 1 g mL<sup>-1</sup> a massa específica da água.

A equação característica do gotejador foi determinada a partir da Equação 1, e o coeficiente de variação de fabricação (CVf) a partir da Equação 2, com classificação de CVf proposta por ASAE (2003), Tabela 2.

$$q = k \times p^x \quad (1)$$

Em que,

q - vazão do gotejador (L h<sup>-1</sup>)

k - constante de proporcionalidade (adimensional)

p - pressão de operação (kPa)

x - expoente que caracteriza o regime de fluxo (adimensional)

$$CVf = \frac{S}{q_m} \times 100 \quad (2)$$

Em que,

CVf - coeficiente de variação de fabricação (%)

S - desvio-padrão da amostra (L h<sup>-1</sup>)

q<sub>m</sub> - vazão média da amostra (L h<sup>-1</sup>)

**Tabela 2.** Classificação de coeficiente de variação de fabricação de emissores para gotejamento

CVf (%)	Interpretação
≤ 5,0	Excelente
5,0 – 7,0	Média
> 7,0 – 11,0	Baixa
> 11,0 – 15,0	Pobre
> 15,0	Inaceitável

Fonte: ASAE (2003).

Os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) foram determinados em dois ensaios de campo, com topografia plana, utilizando gotejadores novos. Foram avaliados 16 gotejadores, em linha, de cada modelo, sendo que quatro emissores caracterizavam as repetições, no caso quatro repetições. Durante os testes de vazão, as pressões no início das LL foram mantidas a 100 kPa com o auxílio de regulador de pressão Bermad® e aferidas por manômetros de

Bourdon da Petroísa® e de mercúrio. O tempo de coleta foi de quatro minutos, determinando a massa da água em balança eletrônica, e posteriormente, calculada a vazão em L h<sup>-1</sup>.

A uniformidade de aplicação foi determinada por meio do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), CHRISTIANSEN (1942), Equação 3, e do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), definido por Criddle et al. (1956), Equação 4.

$$CUC = 100 \times \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n \times q_m} \right) \quad (3)$$

Em que,

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen (%)

q<sub>i</sub> - vazão do gotejador de ordem i (L h<sup>-1</sup>)

q<sub>m</sub> - vazão média dos gotejadores (L h<sup>-1</sup>)

n - número de gotejadores

$$CUD = \left( \frac{q_{25}}{q_m} \right) \times 100 \quad (4)$$

Em que,

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição (%)

q<sub>25</sub> - média da vazão dos emissores que constituem os 25% menores valores (L h<sup>-1</sup>)

q<sub>m</sub> - vazão média dos emissores (L h<sup>-1</sup>)

A classificação dos valores de CUC e CUD foi definida em função dos

parâmetros apresentados na Tabela 3, conforme proposto por Mantovani (2001).

**Tabela 3.** Classificação dos valores de desempenho do sistema de irrigação em função dos valores de CUC e CUD.

Classificação	CUC (%)	CUD (%)
Excelente	> 90	> 84
Bom	> 80 - 90	> 68 - 84
Razoável	> 70 - 80	> 52 - 68
Ruim	60 - 70	36 - 52
Inaceitável	<60	< 36

Fonte: Mantovani (2001).

Foi adotado delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, com análise de variância e, quando o efeito dos tratamentos foi significativo, as médias do CUC e CUD foram comparadas pelo teste de Tukey (1%).

Para análise estatística foi utilizado o programa Assitat 7.7, proposto por Silva e Azevedo (2016).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se linearidade entre a vazão do gotejador e a pressão de serviço (Tabela 4), evidenciando a sensibilidade do gotejador à variação da pressão, caracterizando-os como não autocompensantes.

**Tabela 4.** Valores de vazão média dos emissores (q) em função de pressões de serviço (kPa).

Pressão (kPa)	Vazão média (L h <sup>-1</sup> )			
	DripTech	Durázio	Irritec P1	Dripline
60	1,70	1,01	1,11	1,49
80	2,00	1,18	1,29	1,73
100	2,22	1,30	1,45	1,93
120	2,41	1,41	1,60	2,07
140	2,59	1,51	1,72	2,23
q <sub>var</sub> (%)	-3,47	0,60	-3,33	-3,86

q<sub>var</sub> – variação da vazão entre a obtida e a fornecida pelo fabricante a 100 kPa.

Um sistema eficiente de irrigação por gotejamento tem por característica a aplicação do mesmo volume de água por cada emissor, em um intervalo de tempo. Porém, em virtude das variações de pressão da água e dos processos de fabricação, a vazão dos emissores é afetada (VON BERNUTH e SOLOMON, 1986). Como observado na Tabela 4, as variações da vazão nos gotejadores, a 100 kPa, fornecidas pelo fabricante e as encontradas no experimento foram acima de 3% para os modelos DripTech, Irritec P1 e Dripline. Já o modelo Durázio teve a menor variação de vazão, garantindo melhor exatidão entre os

valores informados pelo fabricante e os determinados em laboratório.

Resultados semelhantes foram encontrados por Cunha et al. (2013), que caracterizando dois modelos de gotejadores em condições superficial e subsuperficial, operando em pressões entre 40 e 300 kPa (variável para cada modelo), observaram que ambos gotejadores apresentaram variações de vazões nas diferentes pressões estudadas e que suas vazões se encontravam mais próximas da vazão recomendada pelo fabricante quando em situação superficial.

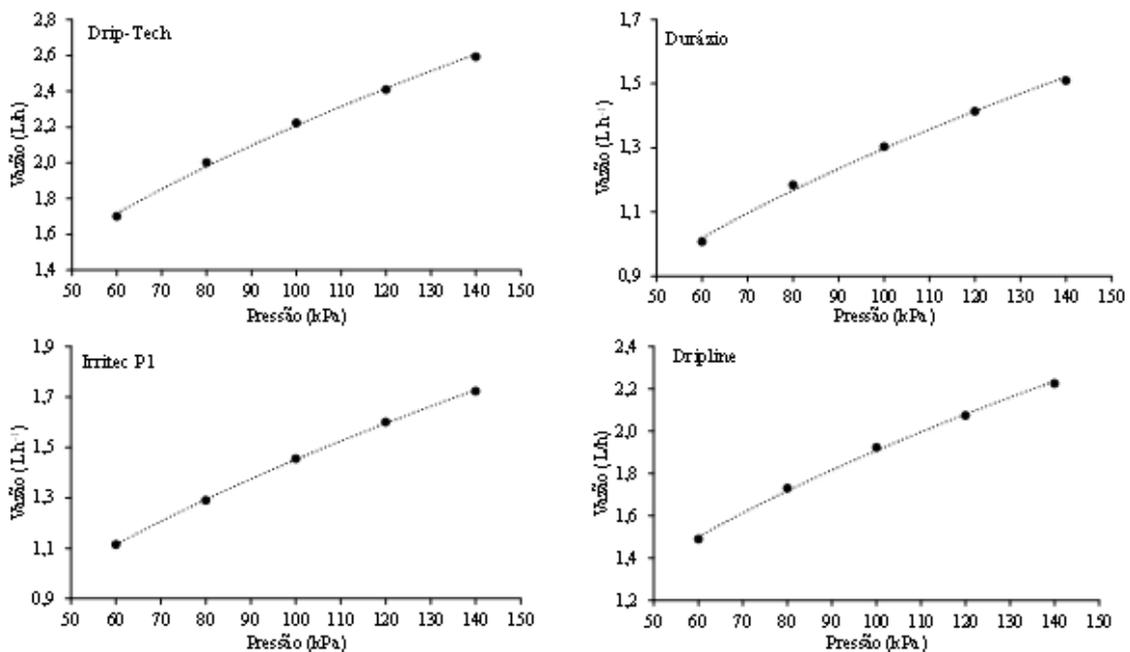
A partir dos valores da vazão dos emissores em função das pressões foi possível determinar a equação característica

do emissor. O valor do expoente “x” da equação do emissor irá influenciar diretamente no dimensionamento das linhas laterais de irrigação (PRADO, NUNES e TINOS, 2014).

Na Figura 1 observa-se que os valores de “x”, para os modelos de gotejadores estudados, variaram entre 0,4722 e 0,5174 caracterizando-os, de acordo com KELLER e KARMELLI, (1975), como de regime de escoamento

turbulento e não autocompensados. Zhangzhong et al. (2016) avaliando os parâmetros geométricos de labirinto em emissores em seus desempenhos hidráulicos, obtiveram valores do expoente “x” próximos a 0,49. Dalri et al. (2015) avaliando sete emissores, verificaram que os valores de “x” variaram entre 0,431 e 0,575, classificando-os como fluxo turbulento e assemelhando aos resultados obtidos neste estudo.

**Figura 1.** Valores da vazão (q) em função das pressões obtidas para os quatro modelos de gotejadores estudados.



O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é um excelente parâmetro para comprovar o ajuste de uma equação (Lopes et al., 1997), sendo que valores próximos a 1 indicam adequado ajuste, como ocorreu para as equações obtidas (Tabela 5), que apresentaram valores de  $R^2$  superiores a 99% da variação da vazão é devido a

relação que existe entre vazão e pressão, e 1% se deve ao erro experimental. Afere-se que as equações características vazão *versus* pressão obtidas para os gotejadores estudados descrevem satisfatoriamente a variação da vazão em função da pressão de funcionamento do sistema (LOPES, 1997).

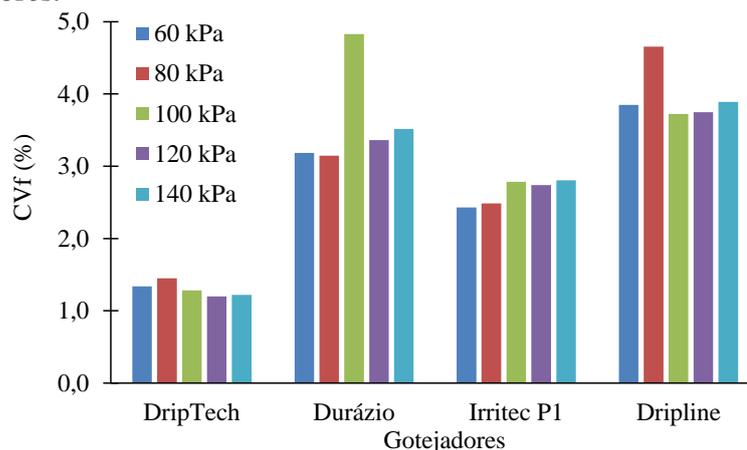
**Tabela 5.** Equações características vazão *versus* pressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtidos para os modelos de gotejadores.

Modelo	Equação ( $q = k \times p^x$ )	$R^2$
Drip-Tech	$q = 0,2293 \times p^{0,4919}$	0,99
Durázio	$q = 0,1474 \times p^{0,4722}$	0,99
Irritec P1	$q = 0,1340 \times p^{0,5174}$	0,99
Dripline	$q = 0,2177 \times p^{0,4714}$	0,99

O CVf é um parâmetro estatístico utilizado para qualificar a variação da vazão do emissor ao longo de uma linha lateral de irrigação localizada (HOLANDA FILHO et al., 2001). Os modelos de gotejadores Drip-Tech e Irritec P1 apresentaram excelente uniformidade destacando-se com valores de CVf inferiores a 3% considerados de ótima qualidade do ponto de vista do processo de

fabricação. Já os modelos Durázio e Dripline caracterizam-se como de média uniformidade, segundo Solomon (1979), por apresentarem CVf entre 3 e 7% (Figura 2). Porém, destaca-se que todos obtiveram valores inferiores a 7%, que é o limite permitido pela norma ISO:9261 (ABNT, 2006).

**Figura 2.** Coeficiente de variação de fabricação (CVf) em função das pressões obtidas para os gotejadores.



Avaliando o efeito da espessura da parede no desempenho de quatro tubos gotejadores não autocompensantes (Tiquira, Manári, Amandi e Jurussu), Saad e Jefery (2015) verificaram que apenas um modelo estudado apresentou CVf superior a 7% e foi classificado com média uniformidade, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho. Segundo os autores, no mercado há uma variedade de gotejadores que apresentam diferentes valores de CVf, todavia, seria ideal que todos os emissores possuíssem CVf igual a zero. Destacam ainda, que na prática isso

não acontece, visto que, o processo de fabricação teria que ser extremamente rigoroso e preciso o que aumentaria os custos de produção inviabilizando a sua comercialização.

A análise de variância e teste de comparação de médias dos coeficientes de uniformidade CUC e CUD apresentaram diferenças estatísticas significativas ( $P < 0,01$ ) entre os modelos de gotejadores avaliados (Tabela 6). Os modelos DripTech e Dripline apresentaram melhores desempenhos, pois não se diferiram estatisticamente, com valores de CUD,

respectivamente, de 98,59 e 96,65%, por isso, foram classificados como excelentes (Mantovani, 2001). Os gotejadores Irritec P1 e Durázio apresentaram valores de CUD de 96,03 e 92,23%, respectivamente, sendo inferiores aos demais, porém podem ser classificados com excelente uniformidade.

Os modelos DripTech, Irritec P1 e Dripline não diferiram estatisticamente em relação aos valores de CUC, com valores superiores a 97%. Destaca-se ainda que os quatro modelos foram classificados com excelente uniformidade (MANTOVANI, 2001).

**Tabela 6.** Análise de variância e teste de Tukey dos valores médios de CUC e CUD para os quatro modelos de gotejadores avaliados.

Fator	CUC (%)	CUD (%)
Teste F	10,91**	7,18**
DripTech (T1)	98,84 a	98,59 a
Durázio (T2)	95,38 b	92,23 b
Irritec P1 (T3)	97,64 a	96,03 ab
Dripline (T4)	97,48 a	96,65 a
CV (%)	0,89	2,07

\*\* : significativo ( $P < 0,01$ ); CV: coeficiente de variação. Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Estudando oito tipos de gotejadores utilizados na irrigação localizada Kusre e Liansangpuii (2016) identificaram que existe variação nos valores de uniformidade de distribuição (CUD) entre os emissores, e esses variaram entre 81,1% e 99,1%. Já Pachico e Levien (2014) encontraram valores de CUD próximos a 90% para os emissores GA-4 e Microjet, o que se assemelha aos valores obtidos neste trabalho e na hipótese que os gotejadores apresentam diferentes desempenhos hidráulicos quando comparados.

Desta maneira, deve-se procurar gotejadores que apliquem e distribuam água de forma mais precisa evitando desperdícios, em virtude da escassez de recursos hídricos em muitas partes do mundo, e, ainda, a concorrência da irrigação com os usuários domésticos e industriais (BODOLE, KOECH, PEZZANITI, 2016) fazendo-se necessário maior economia de água.

## 6 CONCLUSÕES

Os quatro gotejadores avaliados apresentaram satisfatoriamente bom desempenho hidráulico, com boa uniformidade em função do coeficiente de variação de fabricação.

As equações características do gotejador ( $q$  versus  $p$ ) se ajustaram adequadamente, com coeficientes de determinação superiores a 99%. Os gotejadores foram classificados como de regime turbulento, por apresentarem valores de “x” próximos a 0,5.

Os coeficientes CUC e CUD diferiram entre os gotejadores, em campo, destacando positivamente os modelos DripTech e Dripline com valores superiores a 96%.

## 7 REFERÊNCIAS

- ASAE. American Society of Agricultural Engineers. **Design and installation of microirrigation systems**. St. Joseph: ASAE Standards engineering practices data: EP 405.1, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR ISO 9261**: equipamentos de irrigação agrícola - emissores e tubos emissores - especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2006. 17p.
- ABREU, J. M. H.; LOPEZ, J. R.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ, J. F. G. **El riego localizado**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1987. 317 p.
- BODOLE, C.; KOECH, R.; PEZZANITI, D. Laboratory evaluation of dripper performance. **Flow Measurement and Instrumentation**, v. 50, p. 261-268, 2016.
- BRAUER, R. L.; CRUZ, R. L.; VILLAS BOÂS, R. L.; PLETSCHE, T. A. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em gotejadores em função do teor de ferro. **Irriga**, v. 16, n. 1, p. 21-30, 2011.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 124 p.
- CRIDDLE, W. D.; DAVIS, S.; PAIR, C. H.; SHOCKLEY, D. G. **Methods for evaluating irrigation systems**. Washington: Soil Conservation Service - USDA, Agricultural Handbook, 82, 1956. 24 p.
- CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; OLIVEIRA, R. C.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; GOMES FILHO, R. R. Caracterização hidráulica de gotejadores em condição superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 5, p. 317-329, 2013.
- DALRI, A. B.; GARCIA, C. J. B.; PALARETTI, L. F.; ZANINI, J. R.; FARIA, R. T. Caracterização hidráulica e técnica de tubos emissores não regulados. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 161-169, 2015.
- FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação e análise econômica. In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M. (ed.). **Irrigação**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. p. 573-652.
- FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 2012. 356 p.
- HEZARJARIBI, A.; DEGHANI, A. A.; HELGHI, M. M.; KIANI, A. Hydraulic performances of various trickle irrigation emitters. **Journal of Agronomy**, v. 7, n. 3, p. 265-271, 2008.
- HOLANDA FILHO, R. S. F.; PORTO FILHO, F. Q.; MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J. F. Caracterização hidráulica do microaspersor Rondo, da Plastro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 16-21, 2001.

KAHLON, M. A.; KEMPER, W. D. Factors affecting success and failure of trickle irrigation system in Balochistan, Pakistan. **Irrigation Science**, v. 26, n. 1, p. 71-79, 2007.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133 p.

KUSRE, B. C.; LIANSANGPUII, F. Assessment of hydraulic performance of drip emitters for adoption in hilly terrain of north-eastern region of India. **Irrigation and Drainage**, v. 65, n. 4, p. 469-479, 2016.

LOPEZ, R. J.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ, J. F. G. **Riego localizado**. 2 ed. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 1997. 405 p.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV. 2001.

PACHICO, I. W. L.; LEVIEN, S. L. A. Avaliação de emissores de baixo custo de irrigação localizada submetidos à baixa pressão. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 55-61, 2014.

PRADO, G., NUNES, L. H., TINOS, A. C. Avaliação técnica de dois tipos de emissores empregados na irrigação localizada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 1, p. 12-25, 2014.

SAAD, J. C. C.; JEFERY, A. P. R. S. Efeito da espessura da parede no desempenho hidráulico de mangueiras gotejadoras. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 139-149, 2015.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agriculture Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

VON BERNUTH, R.; SOLOMON, K. H. **Emitter construction**. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production**. Phoenix: Elsevier Science, 1986. cap. 2, p. 27-52.

ZHANGZHONG, L.; YANG, P.; LI, Y.; REN, S. Effects of flow path geometrical parameters on flow characteristics and hydraulic performance of drip irrigation emitters. **Irrigation and Drainage**, v. 65, n. 4, p. 426-438, 2016.