

## **EFEITO DA ESPESSURA DA PAREDE NO DESEMPENHO HIDRÁULICO DE MANGUEIRAS GOTEJADORAS**

**JOÃO CARLOS CURY SAAD<sup>1</sup> E ANA PAULA RUSSO ASSUMPÇÃO SCHIMIDT JEFERY<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, UNESP – Câmpus de Botucatu, Botucatu – SP., joaosaad@fca.unesp.br

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma, Doutoranda em irrigação e drenagem, UNESP - Câmpus de Botucatu, Botucatu – SP., schimidt.ana@gmail.com

### **1 RESUMO**

Esta pesquisa teve como finalidade avaliar o desempenho hidráulico de mangueiras gotejadoras de diferentes espessuras e que utilizam o mesmo modelo de gotejador. Para tanto foram avaliadas em uma bancada de ensaio, quatro mangueiras gotejadoras de fabricação nacional (T1, T2, T3 e T4), com o mesmo modelo de emissor e quatro espessuras distintas (0,2; 0,25; 0,38 e 0,90 mm, respectivamente). Os parâmetros avaliados foram: coeficiente de variação de fabricação (Cvf), relação vazão x pressão e espessura de parede. Como resultados verificou-se que os Cvf das mangueiras atenderam às especificações da norma INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 9261:2004, com exceção da T2. Segundo o catálogo fornecido pelo fabricante, as equações características das mangueiras apresentariam os mesmos valores, uma vez que os emissores são do mesmo modelo. Essa observação não correspondeu ao resultado obtido no experimento, que obteve equações distintas para cada mangueira utilizada. Observou-se também que ao se utilizar o mesmo modelo de gotejador para uma mesma pressão, quanto maior a espessura da parede, menor a vazão do emissor.

**Palavras chaves:** Coeficiente de variação de fabricação, irrigação por gotejamento, ISO 9261:2004, relação vazão x pressão.

**SAAD, J. C. C.; JEFERY, A. P. A. S.  
EFFECT OF WALL THICKNESS ON THE HYDRAULIC PERFORMANCE OF DRIP HOSES**

### **2 ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the hydraulic performance of drip hoses of different thickness which use the same dripper model. Four drip hoses (T1, T2, T3 and T4) with different thickness (0.2; 0.25; 0.38 and 0.90 mm, respectively) were evaluated. The following parameters were evaluated: coefficient of manufacturing variation (Cv), relationship between flow x pressure and wall thickness. The results showed that the hose Cv met the requirements of ISO 9261:2004, except for T2. According to the manual provided by the manufacturer, the equations specific to the hoses would have the same coefficients, as the emitters are from the same model. This observation did not match the results obtained in the experiment, which found different equations for each study drip hose. Also, using the same emitter type at a given pressure, the wider the wall thickness, the lower the emitter flow.

**Keywords:** coefficient of manufacturing variation, dripping irrigation, ISO 9261:2004, flow x pressure relationship.

### 3 INTRODUÇÃO

A irrigação localizada constitui um método em que a água é fornecida em pequena intensidade, alta frequência e diretamente sobre a região radicular das plantas, mantendo a umidade próxima do ideal. A água é comumente aplicada em forma de gotas na superfície ou subsuperfície do solo (irrigação por gotejamento) ou por aspersão de baixo volume (irrigação por microaspersão) (FRIZZONE et al., 2012).

A irrigação localizada e principalmente o método de irrigação por gotejamento tem sido uma excelente opção para ocupar as áreas de expansão da agricultura irrigada no Brasil e no mundo, devido às suas características favoráveis tais como: uso racional da água, muito adequado para fertirrigação, baixo requerimento de mão-de-obra, facilidade de automação, redução de custos de produção, baixo consumo de energia, pode ser utilizado em uma diversidade de culturas, permite a intensificação de técnicas de cultivo e a obtenção de produção em diferentes épocas do ano, dentre outros (KELLER; BLIESNER, 1990; BERNARDO, SOARES e MANTOVANI 2006; PIZARRO CABELLO, 1996; LOPEZ et al., 1997; SILVA, MANTOVANI, RAMOS 2003; FARIA et al., 2006).

O emissor é o elemento mais importante em um sistema de irrigação por gotejamento, pois seu desempenho está diretamente relacionado à uniformidade de aplicação de água (HEZARJARIBI et al., 2008).

A caracterização hidráulica do emissor consiste em determinar seu coeficiente de variação de fabricação ( $C_{vf}$ ) e sua curva característica, que são duas informações imprescindíveis para definir a qualidade do produto, a uniformidade de emissão da unidade operacional e para dimensionar criteriosamente um projeto de irrigação localizada, especialmente quando são utilizados emissores não-autocompensantes.

Existem diferentes classificações de emissores quanto à uniformidade de vazão, das quais podem ser citadas as de Solomon (1979) que considera excelente o  $C_{vf}$  de até 3%, a da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1986) que classifica como “bom” aqueles com  $C_{vf}$  até 10% e a AMERICAN NATIONAL STANDARD (1985) que aceita uma variação de até 5% para considerar um emissor como “bom”.

A equação geral dos emissores, também conhecida como curva característica do emissor (Equação 1), descreve o comportamento da vazão em função da pressão de operação (KELLER; KARMELI, 1974):

$$q = k \cdot H^x \quad (1)$$

Em que:

q: vazão do gotejador ( $L \cdot h^{-1}$ );

k: constante de proporcionalidade, específica para cada emissor;

H: pressão em que opera o emissor (kPa);

x: expoente que caracteriza o regime de fluxo.

Para Siqueira e Barros Júnior (2003), a principal finalidade de ensaios de equipamentos utilizados em sistemas de irrigação localizada consiste na determinação e avaliação de suas características hidráulicas.

A diversidade de mangueiras gotejadoras é necessária para atender aos diferentes tipos de consumidores. Segundo Garcia (2006), quase todos os modelos de tubos emissores existentes no mercado mundial estão sendo comercializadas no Brasil. Existem tubos emissores com espessuras variando entre 100 e 250 microns e os espaçamentos também são bem variados, de 0,1 m até 1,0 m entre emissores. (PIZARRO CABELLO, 1996; LOPEZ et al., 1997).

A espessura da parede da mangueira gotejadora está relacionada com a durabilidade e com a resistência a maiores pressões, sendo que paredes mais espessas implicam em maior requerimento de matéria-prima e maior custo.

Alguns fabricantes utilizam um único modelo de emissor do tipo labirinto para mangueiras com diferentes espessuras de parede e atribuem as mesmas características hidráulicas. No entanto, durante o processo de fabricação da mangueira gotejadora, os emissores são soldados a quente no interior do conduto, no espaçamento desejado, podendo haver alteração do labirinto original.

A hipótese deste trabalho é que a maior quantidade de matéria-prima requerida para fabricação das mangueiras de maior espessura pode alterar a configuração do labirinto do emissor e conseqüentemente a vazão. Desta forma, mangueiras que utilizam o mesmo modelo de gotejador com diferentes espessuras de parede tubo podem apresentar diferentes características hidráulicas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho hidráulico de mangueiras gotejadoras de diferentes espessuras, porém que utilizam o mesmo modelo de gotejador.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas – Campus de Botucatu - UNESP. As quatro mangueiras gotejadoras utilizadas possuem o mesmo modelo de gotejador e estão caracterizadas na Tabela 1. Elas foram avaliadas na bancada de ensaios para tubos gotejadores (Figura 1). Por se tratar de produtos comerciais, as mangueiras ensaiadas foram codificadas para evitar especulação dos resultados obtidos.

A bancada possui um reservatório com capacidade de 300 litros e uma moto-bomba para pressurizar a água pelas tubulações de PVC de 1 ¼ de polegada, com um filtro de tela metálica de 200 mesh. As linhas laterais têm comprimento de 6 metros (4 linhas, com recirculação de água), 2 válvulas de saída de ar e 2 manômetros.

**Tabela 1.** Especificações técnicas fornecidas pelo fabricante na embalagem dos produtos

Especificações	Mangueira			
	T1	T2	T3	T4
Espessura da Parede (mm)	0,2	0,25	0,38	0,90
Diâmetro Interno (mm)	16	16	16	16
Espaçamento (m)	0,30	0,30	0,30	0,30
Pressão Nominal, (kPa)	70	100	100	150
Vazão Nominal (Lh <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> )	4	5	5	6
Cvf (%)*	-	-	3,11	3,11
Equação do emissor	$q = 0,46 \cdot H^{0,5}$			

\*Cvf: Coeficiente de variação de fabricação. O fabricante não dispunha dos valores de Cvf para T1 e T2.

Todas as avaliações foram realizadas de acordo com a sequência estabelecida pela Norma ISO 9261:2004.

**Figura 1.** Vista da bancada de ensaios.

Para o cálculo do coeficiente de variação de fabricação (Cvf) foram avaliados 25 emissores de cada mangueira gotejadora sob pressão nominal informada pelo fabricante (Tabela 1), com quatro repetições. O tempo da coleta variou entre 5 e 8 minutos para que em cada pressão fosse coletado um volume de água de pelo menos 200 ml.

O procedimento para a medição da vazão consistiu na pressurização do sistema, estabilização da pressão, posicionamento dos coletores sob os respectivos gotejadores e retirada dos coletores após o tempo de coleta. Em seguida pesou-se cada coletor em balança com precisão de 0,5 gramas para determinação da massa da água. O volume foi obtido dividindo-se a massa pelo valor da densidade da água. Com os valores de volume e tempo de coleta calculou-se a vazão de cada emissor.

Posteriormente realizou-se o cálculo do coeficiente de variação de vazão utilizando-se a equação 2:

$$C_v = \frac{S_q}{\bar{q}} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

$C_v$  = Coeficiente de variação em %

$S_q$  = Desvio padrão da vazão, em  $L.h^{-1}$

$\bar{q}$  = Vazão média da amostra,  $L.h^{-1}$

Na sequência foi medida, para cada mangueira, a vazão ( $L.h^{-1}$ ) em função da pressão de entrada. A pressão aplicada foi crescente em intervalos não maiores que 50 kPa, da pressão zero até 1,2 vezes a pressão máxima de operação ( $p_{max}$ ), de tal forma que para cada mangueira foram testados seis valores de pressão em 25 emissores, com quatro repetições. O tempo de coleta variou entre 5 e 13 minutos para que o volume coletado em cada pressão fosse aproximadamente o mesmo (200 ml).

Com os dados de vazão em função da pressão de entrada coletados no teste anterior foram ajustadas as equações e os gráficos da relação entre a vazão ( $L.h^{-1}$ ) e a pressão de entrada no emissor (kPa). Utilizou-se o software SigmaPlot 11.0 para realizar o ajuste das equações.

A espessura da parede foi avaliada com um micrometro com precisão de 0,01 mm em quatro pontos equidistantes na periferia do tubo em duas secções transversais ao comprimento da mangueira. A seção utilizada para esta medição foi retirada aleatoriamente das bobinas não sendo submetida as avaliações na bancada de ensaios.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação das mangueiras quanto ao  $C_{vf}$  (Tabela 2) indicou valores variando de 2,96% a 7,71%. Pela classificação de Solomon (1979), a mangueira T2 é considerada de uniformidade baixa; T3 e T4 de uniformidade média e T1 de uniformidade excelente. De acordo com a norma ISO 9261:2004 o limite tolerável para o  $C_{vf}$  é de 7% , sendo que apenas T2 não atendeu a norma.

**Tabela 2.** Valores de Coeficiente de variação de fabricação –  $C_{vf}$ .

Mangueira Gotejadora	$C_{vf}$ (%)	
	Informado	Medido
T1	-	2,96
T2	-	7,71
T3	3,11	3,44
T4	3,11	3,24

Existe no mercado uma variedade de modelos que apresentam diferentes valores de  $C_{vf}$ , o ideal seria que as mangueiras saíssem de fábrica sem nenhuma variação, ou seja com valor de  $C_{vf}$  igual a zero. No entanto, na prática isso não acontece pois o processo produtivo teria que ser tão rigoroso e preciso que os custos para isso seriam proibitivos. Busca-se produtos com

valores de Cv<sub>f</sub> os mais baixos possíveis (mais próximos de zero) pois esta característica do produto auxiliará no aumento da uniformidade de distribuição de água no campo, o que é altamente desejado pelo produtor.

Oliveira et al. (2000) estudaram as características hidráulicas do tubo gotejador Hidrodrip II, 2,3 L h<sup>-1</sup>, cujos emissores são inseridos nos tubos durante o processo de fabricação e espaçados a 0,3 m, com formato tipo labirinto, tendo encontrado coeficiente de variação de fabricação de 1,59%.

Dalri et al. (2014) fez uma avaliação técnica de 11 tubos emissores comercializados no Brasil: Petro Drip, Golden Drip, Chapin, Queen Gil, Aqua Traxx, Tiran, Amanco Drip e Twin Plus (não auto compensantes) e Naan Pc, Ram e Amanco Drip PC (autocompensantes) e verificou que todos os tubos apresentaram valores inferiores a 7 variando entre 0,9% (para o modelo Ram) e 5,6% (para o modelo Golden Drip).

Um estudo realizado por Dias, Medeiros e Teixeira (2005) avaliou, entre outros parâmetros, o Cv<sub>f</sub> de cinco modelos de mangueiras gotejadoras utilizadas no cultivo do meloeiro: Katif ; Hydrodrip II; Netafim; Chapin e Queen gil. As mangueiras foram testadas antes da instalação no campo e de acordo com os autores a uniformidade de vazão do emissor foi classificada como média para o gotejador Chapin 0,30 m e boa para os demais gotejadores estudados.

Verificou-se pelos resultados apresentados na Tabela 3 que há significativa variação da vazão fornecida pelo emissor à medida em que ocorre um aumento da pressão, o que indica que estes emissores são sensíveis a variação na pressão (não-autocompensantes).

Comparando-se os valores de vazão para um mesmo valor de pressão observou-se que a vazão é decrescente de T1 para a T4, ou seja, da mangueira de menor espessura para a de maior espessura (Gráfico 1), comprovando a hipótese inicial.

**Tabela 3.** Vazão média (L.h<sup>-1</sup>) em função da pressão de entrada (kPa).

Pressão (kPa)	Vazão média (L.h <sup>-1</sup> )			
	T1	T2	T3	T4
30	0,744	0,710	0,712	0,786
50	0,929	0,911	0,890	-
70	1,089			-
80	1,177	1,137	1,101	0,989
90	1,248	1,214	1,237	-
100	1,308	1,290	1,239	1,108
120	-	1,365	1,331	-
144		1,504	1,473	
150	-	-	-	1,339
180	-	-	-	1,457
216	-	-	-	1,596

A Tabela 4 apresenta a comparação de médias para os valores de vazão na pressão de entrada de 80 kPa. O teste Tukey a 5% de probabilidade confirmou a diferença estatística entre os valores médios de vazão.

A mangueira T1 tem uma espessura 0,66 mm menor do que a T4 e apresentou uma vazão 19% maior. Comparando-se a vazão de T1 com T3 e a T2 verifica-se que foi 6,46% e 3,40% maior, respectivamente.

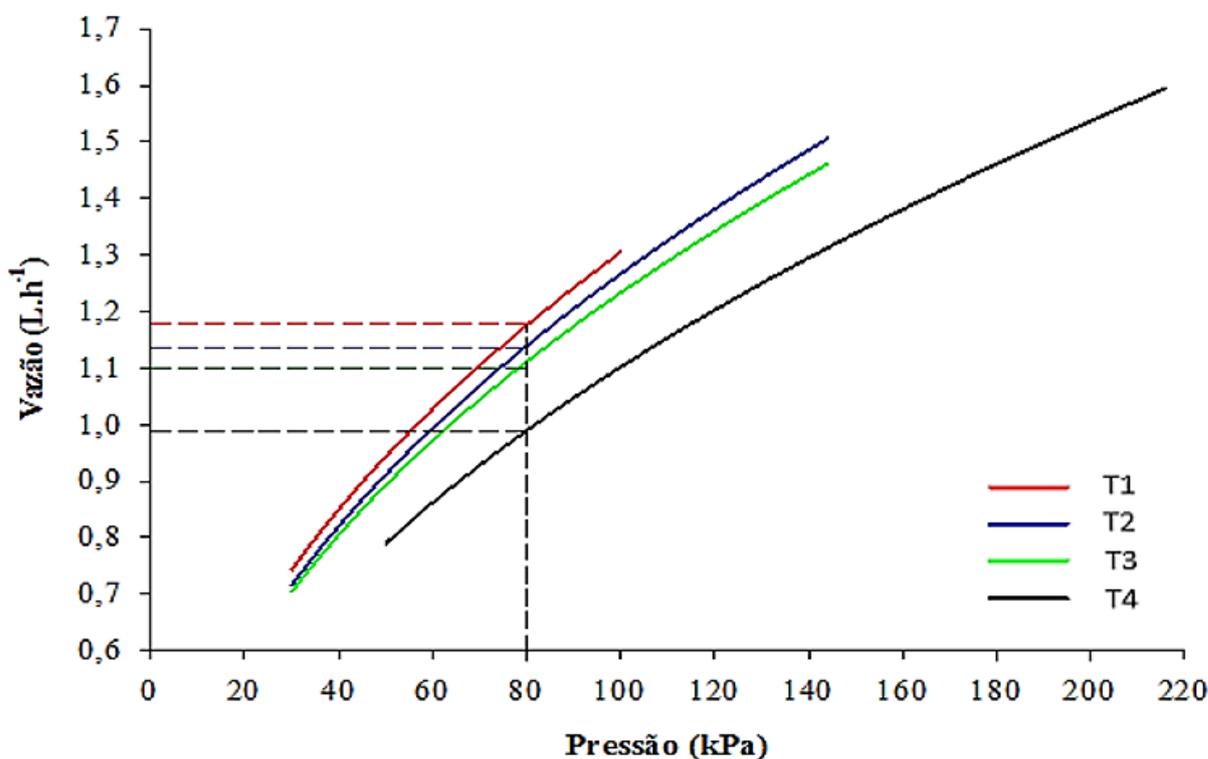
**Tabela 4.** Média da vazão ( $L.h^{-1}$ ) na pressão de entrada de 80 kPa para as mangueiras avaliadas.

Mangueira Gotejadora	Vazão média ( $L.h^{-1}$ )
T1	1,177 A
T2	1,137 B
T3	1,101 C
T4	0,989 D

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t

Com os dados de vazão em função da pressão de entrada obteve-se os valores de  $x$ , de  $k$  e do coeficiente de determinação  $R^2$  apresentados na Tabela 5 pelo ajuste da equação potencial.

Segunda a norma ISO 9261:2004, quando o valor do expoente do emissor  $x$  é maior do que 0,2, considera-se este emissor não autocompensante. Pode-se observar na Tabela 5 que os valores de  $x$  são próximos a 0,5 significando que as mudanças na vazão, se relacionam com a raiz quadrada da pressão, conseqüentemente, uma variação na pressão da ordem de 20% permite que a vazão dos emissores varie em torno de  $\pm 10\%$ . Expoente  $x$  com valor próximo de 0,5 também indica que o regime de escoamento dos emissores é turbulento (KELLER; KARMELLI, 1975; PIZARRO CABELLO, 1996; LOPEZ, 1997). O uso de gotejadores de fluxo turbulento num sistema de irrigação requer atenção para os limites de topografia do terreno e comprimento da linha lateral.

**Gráfico 1.** Relação vazão x pressão para as mangueiras avaliadas.

**Tabela 5.** Valores de  $x$  e  $k$ , para a equação característica dos emissores avaliados.

Mangueira Gotejadora	$x$	$k$	$R^2$	Equação (kPa)	Equação (mca)
T1	0,4681	0,1510	0,9608	$q = 0,1510 H^{0,4681}$	$q = 0,4390 H^{0,4681}$
T2	0,4657	0,1443	0,8957	$q = 0,1443 H^{0,4657}$	$q = 0,4177 H^{0,4657}$
T3	0,4745	0,1424	0,9761	$q = 0,1424 H^{0,4745}$	$q = 0,4206 H^{0,4745}$
T4	0,4804	0,1205	0,9817	$q = 0,1205 H^{0,4804}$	$q = 0,3607 H^{0,4804}$

Segundo o catálogo fornecido pelo fabricante, as equações características das mangueiras apresentariam os mesmos valores, uma vez que os emissores são do mesmo modelo. Essa observação não corresponde ao resultado obtido no experimento, que demonstrou equações distintas para as diferentes mangueiras utilizadas.

De acordo com a norma ISO o expoente ( $x$ ) calculado não deve divergir da declaração do fabricante mais que  $\pm 5\%$ . A variação entre o valor do expoente declarado e o calculado ficou dentro do estabelecido pela norma apenas para a T4, os outros modelos apresentaram variação maior do que 5% (Tabela 6).

**Tabela 6.** Variação entre os valores do expoente  $x$  (eq. 1) informado e calculado.

Mangueira Gotejadora	Informado	Medido	Varição (%)
T1	0,5	0,4681	-6,38
T2	0,5	0,4657	-6,86
T3	0,5	0,4745	-5,10
T4	0,5	0,4804	-3,92

A Tabela 7 apresenta os resultados da avaliação da espessura de parede em milímetros. A espessura da parede segundo a norma ISO 9261:2004 deve ser declarada em valores arredondados em 0,05 mm, e pelo critério desta norma, a espessura de parede do tubo emissor não pode apresentar nenhum dos quatro pontos avaliados com medida inferior a 90% de espessura declarada.

**Tabela 7.** Valores de espessura da parede das mangueiras avaliadas, em mm.

Mangueira Gotejadora	Seção	Quadrante				Espessura Média (mm)	Espessura Informada (mm)
		1	2	3	4		
T1	1	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20	0,2
	2	0,19	0,18	0,20	0,21		
T2	1	0,24	0,23	0,24	0,25	0,24	0,25
	2	0,23	0,22	0,23	0,24		
T3	1	0,35	0,36	0,35	0,37	0,36	0,38
	2	0,35	0,35	0,37	0,35		
T4	1	0,86	0,92	0,91	0,84	0,87	0,90
	2	0,85	0,9	0,83	0,85		

De maneira geral as espessuras determinadas em laboratório estão dentro das especificações.

## 6 CONCLUSÕES

Mangueiras gotejadoras com diferentes espessuras de parede e que utilizam o mesmo labirinto apresentaram diferentes vazões para a mesma pressão, portanto possuem diferentes coeficientes na relação vazão x pressão, não podendo ser representadas por uma única equação.

Ao se utilizar o mesmo modelo de gotejador para uma mesma pressão, quanto maior a espessura da parede, menor a vazão do emissor.

## 7 REFERÊNCIAS

AMERICAN NATIONAL STANDARD. **ANSI/ASAE S553**: collapsible emitting hose (drip tape): specifications and performance testing. St Joseph, 1985. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Emissores para sistema de irrigação localizada**. PNBR 12: 02 - 08 - 021. São Paulo, 1986. 7 p.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

DALRI, A. B.; GARCIA, C. J. B.; FARIA DE, R. T.; ZANINI, J. R.; PALARETTI, F. L.; SANTOS, O. G. Caracterização hidráulica e técnica de tubos gotejadores. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2., 2014, Fortaleza. **Anais...**Piracicaba: INOVAGRI: INCT-EI: INCTSA, 2014. p. 618-626. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a084>>. Acesso em: jan. 2015

DIAS, N. da S.; MEDEIROS, J. F.; TEIXEIRA, M. B. Avaliação de diferentes modelos, vazões e espaçamentos de gotejadores na irrigação do meloeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n.

3, p. 263-271, 2005.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L. de.; REZENDE, r.; FARIA, M. A. de. **Microirrigação, gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 2012. 365 p.

FARIA, L. do A.; SIQUEIRA, W. da C.; LIMA, E. M. da C.; GOMES, L. A. A.; REZENDE, F. C. Crescimento do meloeiro (*cucumis melo* L.) cultivado em ambiente protegido e irrigado por gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA AGRÍCOLA SBEA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006. p. 37.

GARCIA, C. J. B. **Avaliação técnica de tubos emissores para irrigação localizada**. 2006. 63 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

HEZARJARIBI, A.; DEHGHANI, A. A.; HELGHI, M. M.; KIANI, A. Hydraulic performances of various trickle irrigation emitters. **Journal of Agronomy**, Madison, v. 7, n. 3, p. 265-271, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9261**: agricultural irrigation equipment: emitters and emitting pipe: specification and test methods. 2 ed. Geneva, 2004. 20 p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.

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

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 17, n. 4, p. 678-684, 1974.

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.

OLIVEIRA, A. M. de S.; PORTO FILHO, F. de Q.; MED. F. de; COSTA, M. da C. Caracterização hidráulica do tubo gotejador Hidrodrip II. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 483-486, 2000.

PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF)**: goteo, microaspersión, exudación. 3. ed. rev. ampl. Madrid: Mundi Prensa, 1996. 513 p.

SILVA, L. G. F.; MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M. Irrigação localizada. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: SBEA, 2003. v. 2, p. 259-309.

SIQUEIRA, E. C.; BARROS JÚNIOR, G. Determinação do coeficiente de variação e vazão do microaspersor Carburundum MS V versus pressão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Universidade Estadual de

---

Goiás/Universidade Federal de Goiás/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. 1 CD-ROM.

SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 5, p. 1034-1038, 1979.