

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE GOTEJADORES*

Carlos Alberto da Silva Oliveira
Salassier Bernardo
Paulo Afonso Ferreira
Manoel Vieira**

1. INTRODUÇÃO

Em decorrência do rápido e crescente interesse pelo uso da irrigação por gotejamento e da escassez de dados sobre este tema em nosso País, têm surgido diversas dúvidas, desde a escolha do tipo de gotejador a ser empregado até a elaboração de um projeto hidráulico do sistema ou rede de gotejamento.

Quanto à vazão e pressão na sua entrada, os gotejadores podem ser classificados em três tipos, a saber: de vazão «variável» sob pressão constante; de vazão «constante» sob pressão variável; de vazão «constante» sob pressão constante. Os gotejadores do primeiro grupo podem ser ajustados para diversas vazões sob uma mesma pressão, ao passo que os do segundo tipo fornecem uma única vazão dentro de determinada amplitude de variação de pressão. Os gotejadores de vazão «constante» sob pressão constante emitem uma única vazão para cada pressão a que forem submetidos, e são bastante sensíveis à variação de pressão.

Introduzidos na linha lateral, os gotejadores dissipam a energia da água, emitindo gotas ou filete contínuo próximo da planta a ser irrigada. Sua inserção na linha lateral pode ser feita «sobre linha» ou «na linha» (entre duas seções de tubo), com espaçamento uniforme ou não.

A relação entre vazão e pressão na entrada do gotejador, a perda de carga localizada com a sua inserção no tubo e o tamanho e a forma da passagem de água

* Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como parte das exigências para obtenção do grau de «Magister Scientiae» em Engenharia Agrícola.

Recebido para publicação em 27-09-78. Projeto 4.1518 do Conselho de Pesquisa da U.F.V.

** Respectivamente, Pesquisador da EMBRAPA, Professor Titular, Professor Adjunto e Professor Assistente da Universidade Federal de Viçosa.

nele existente constituem características hidráulicas dos gotejadores. Tais características, segundo GILAAD *et alii* (1), são influenciadas pelo material de constituição, pelo processo de fabricação e pelo método de instalação do gotejador na linha lateral, devendo estar sempre disponíveis aos projetistas e aos usuários deste tipo de irrigação.

HANSON (2) estudando oito tipos diferentes de gotejadores, discutiu as principais diferenças entre suas características hidráulicas, fazendo recomendações quanto à sua seleção e quanto ao cálculo de linhas laterais.

Este trabalho teve como objetivo estudar as características hidráulicas dos seguintes tipos de gotejadores de fluxo «constante» sob pressão constante: Dangotas, Irriga e Microtubo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados, no Laboratório de Hidráulica da U.F.V., três tipos de gotejadores, encontrados no comércio nacional com os seguintes nomes: Dangotas, Irriga e Microtubo.

O gotejador Dangotas tem duas extremidades que servem para conexão em tubos de polietileno com diâmetro nominal de 12,5 ou 16 mm. O tipo de gotejador estudado apresenta uma vazão nominal de 4 litros por hora, a uma pressão de serviço de 10 m.c.a., e adapta-se a tubos de 16 mm. Seu encaixe na linha lateral é do tipo «em linha».

O gotejador Irriga é fabricado com polipropileno e tem dimensões aproximadas de 5 cm de comprimento por 3 cm de diâmetro, liberando água para o solo por meio de quatro saídas. A cada uma delas adapta-se um microtubo com diâmetro nominal de 3 mm, de comprimento variável, de modo que a água seja liberada em quatro pontos distintos. Inseridos «sobre linha» em tubos com diâmetro nominal de 9,5 mm (3/8") e submetidos a uma pressão de 10 m.c.a., fornecem uma vazão de 13 litros por hora, ou seja, 3,25 litros por hora em cada saída.

O gotejador Microtubo estudado, fabricado pela «Cipla», apresentou um diâmetro interno de 1,26 mm, sendo encaixado «sobre linha» no tubo de polietileno. Seu comprimento foi dimensionado por meio da equação proposta por KEN-WORTHY e KESNER (4), adaptando-se o sistema de unidades, como se segue:

$$\log TL = 1,82708 + (1,06 \log H) + (4,7479 \log DM) + 7,66 (\log DM)^2 - (1,20658 \log q) - 0,15 (\log q)^2 \quad \dots \text{eq. (1)}$$

sendo TL o comprimento do Microtubo, cm; H a pressão na entrada do gotejador, m.c.a.; DM o diâmetro interno do Microtubo, mm; q a vazão do gotejador, 1/h.

Por meio da equação 1 foram determinados dois comprimentos de microtubo, de modo que se obtivessem uma vazão de 8,076 litros/hora, à pressão de 5,17 m.c.a., e uma vazão de 8,063 litros/hora, à pressão de 9,30 m.c.a.. Esses comprimentos foram comparados com os obtidos pela equação de Darcy-Weisbach, proposta por KARMELI e KELLER (3), na seguinte forma:

$$TL = \frac{H DM^5 \pi^2 g}{617 f q^2} \quad \dots \text{eq. (2)}$$

sendo g a aceleração da gravidade e f o fator de atrito, adimensional.

Suprimento de água. Em todos os testes utilizou-se água proveniente da Estação de Tratamento de Água da Universidade Federal de Viçosa.

Cada gotejador foi testado sob uma pressão constante, visando a observar a variação de vazão entre um mesmo tipo de gotejador, decorrente do seu processo de fabricação. Com os gotejadores Dangotas e Irriga, trabalhou-se com amostras constituídas de 40 unidades; com os dois comprimentos de microtubo, trabalhou-se com amostras constituídas de 30 unidades. A temperatura da água, durante o teste, variou de 20 a 30°C, utilizando-se a temperatura constante de 25°C apenas para o Microtubo de 83 cm de comprimento. Foi mantida a carga constante de 10,33 m.c.a. para os gotejadores Dangotas e Irriga e as cargas constantes de 5,17 e 9,30 m.c.a. para os Microtubos de 83 e 155 cm de comprimento, respectivamente.

Para determinar a equação característica de descarga-pressão dos gotejadores Dangotas e Irriga, cada gotejador foi submetido às pressões de 1,03, 3,10, 5,17, 7,23, 9,30, 11,36 e 13,43 m.c.a., anotando-se as respectivas vazões. Trabalhou-se com amostras constituídas de dez unidades de cada tipo. Procedeu-se à análise de regressão, com as pressões aplicadas e as vazões médias observadas, estabelecendo-se uma função de fluxo para cada tipo de gotejador estudado. Transformando-se a equação logarítmica ajustada, obteve-se uma equação do tipo

$$q = b H^a \quad \dots \text{eq. (3)}$$

em que q é a vazão do gotejador, $1/h$; H é a pressão na entrada do gotejador, m.c.a.; a é o expoente, caracterizado pelo regime de fluxo ou pela declividade da reta em papel log-log; b é o coeficiente de vazão do gotejador ou vazão do gotejador à pressão de 1 m.c.a.

A perda de carga localizada no gotejador foi obtida experimentalmente, segundo metodologia desenvolvida por OLIVEIRA (5), por meio da expressão

$$H_{fg} = (H_{ftg} - H_{ft})/10 \quad \dots \text{eq. (4)}$$

sendo H_{fg} a perda de carga localizada no gotejador, m.c.a.; H_{ftg} e H_{ft} a perda de carga no tubo com gotejadores vedados e a perda de carga no tubo, respectivamente, m.c.a..

O coeficiente de perda de carga localizada foi obtido pela equação

$$K_g = \frac{H_f A^2 2 g}{Q^2 10} \quad \dots \text{eq. (5)}$$

sendo K_g o coeficiente de carga localizada, adimensional; $H_f = H_{ftg} - H_{ft}$, m.c.a.; A a área da seção transversal do tubo, m^2 ; g a aceleração da gravidade, m/s^2 ; Q a vazão, m^3/s .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontraram-se os seguintes coeficientes de correlação entre vazão do gotejador e temperatura da água: 83,7, 90,6, -17,6 e 34,8%, respectivamente, com os Microtubos de 83 e 155 cm de comprimento e os gotejadores Dangotas e Irriga. O teste de F foi significativo, ao nível de 1% de probabilidade, apenas para o Microtubo, o que indica ser a vazão deste sensivelmente alterada pela temperatura da água, fato que está de acordo com PARCCHOMCHUCK (6). Uma vez que, em condições de campo, normalmente se verificam temperaturas mais baixas no início da linha lateral, em relação ao seu final, esse efeito poderá reduzir a variação de vazão que ocorre ao longo do seu comprimento, decorrente das maiores pressões no seu início.

Os resultados dos testes efetuados com cada gotejador, sob uma pressão constante, encontram-se no Quadro 1.

Esse teste permitiu ainda a eliminação de 7 gotejadores Dangotas, por apresentarem dados muito discrepantes ($\bar{q} = 8,77$, $s = \pm 3,13$ e C.V. = 35,72%). Todos os gotejadores eliminados apresentaram o número cinco no ponto de inserção com o tubo de polietileno anexo à saída de água. Testando-se o gotejador Irriga com apenas uma e duas saídas abertas, a vazão média (\bar{q}) caiu ligeiramente, tomando os valores 11,81 e 13,30 litros por hora, respectivamente.

QUADRO 1 - Vazão média (\bar{q}), desvio-padrão (s) e coeficiente de variação (C.V.), para cada tipo de gotejador, obtidos com uma carga hidráulica constante

Tipo de Gotejador	Carga		s	C.V. (%)
	Hidráulica (m.c.a.)	\bar{q} (1/hora)		
Dangotas	10,33	4,50	$\pm 0,23$	5,07
Irriga	10,33	13,79	$\pm 1,12$	8,13
Mic. (83 cm) a 25°C	5,17	7,94	$\pm 0,14$	1,80
Mic. (83 cm)	5,17	7,91	$\pm 0,27$	3,51
Mic. (155 cm)	9,30	7,40	$\pm 0,32$	4,32

A variação na vazão observada com os gotejadores Dangotas, Irriga e Microtubo de 83 cm, testada a 25°C, deve ter ocorrido em razão de diferenças entre gotejadores, decorrentes do seu processo de fabricação. De acordo com HANSON (2), essa fonte de variação é a principal causa da desuniformidade de vazão que ocorre nos gotejadores numa linha lateral. Sendo assim, o Microtubo estudado tem a vantagem de permitir uma menor variação de vazão na linha lateral, se for utilizado com uma mesma temperatura no início e no final da linha, condição esta atingida quando se irriga à noite.

No cálculo do comprimento do Microtubo T_L , pelas equações 1 e 2 foram encontrados, respectivamente, os valores de $T_L = 83,0$ e $85,7$ cm, para $q = 8,076$ l/hora, $H = 5,17$ m.c.a. e $DM = 1,26$ mm, e os valores de $T_L = 155$ e $152,1$ cm, para $q = 8,063$ l/hora, $H = 9,30$ m.c.a. e $DM = 1,26$ mm. Essas diferenças podem ser devidas ao fato de a equação de Kenworthy e Kesner não levar em consideração o efeito de temperatura sobre a vazão no Microtubo, em contraste com a equação de Darcy-Weisbach. Sendo essas diferenças aproximadamente iguais a 3 cm, para fins práticos de irrigação por gotejamento o comprimento do Microtubo pode ser determinado por qualquer uma das duas equações.

Encontraram-se as seguintes equações características de descarga-pressão, para os gotejadores Dangotas e Irriga, respectivamente:

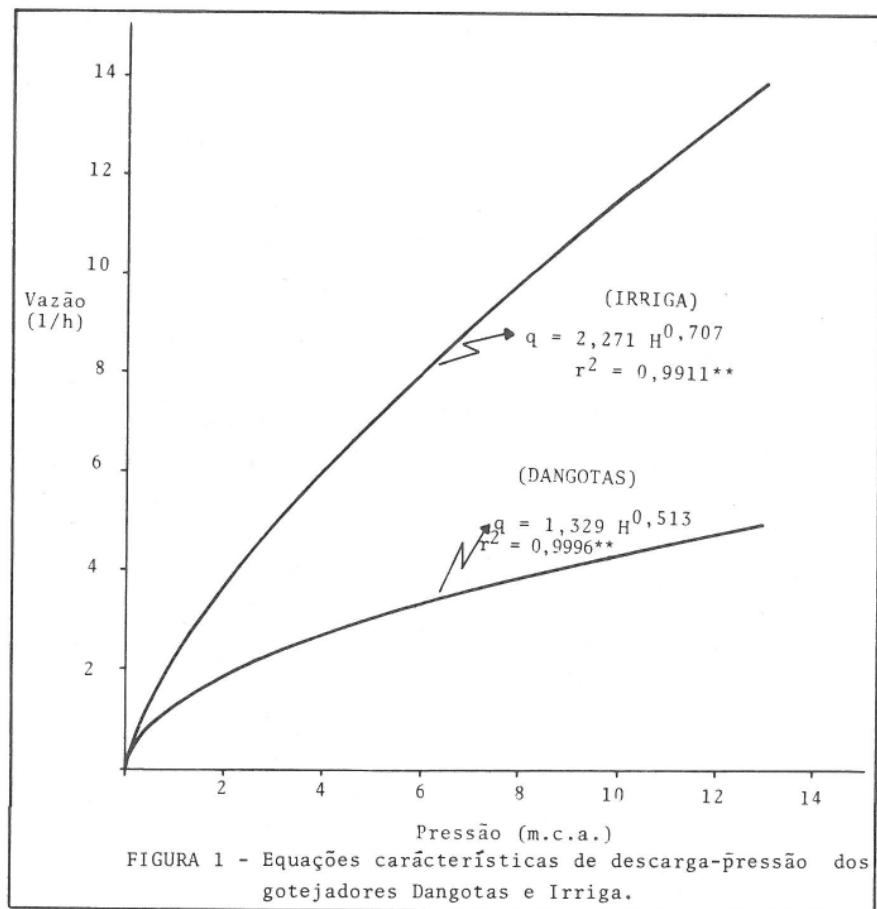
$$q = 1,329 H^{0,513}$$

... eq. (6)

$$q = 2,271 H^{0,707}$$

... eq. (7)

As equações 6 e 7 foram obtidas com r^2 iguais a 0,9996 e 0,9911, respectivamente, sendo o teste de F significativo, ao nível de 1% de probabilidade (Figura 1). Considerando a pressão de 10,33 m.c.a. nas equações 6 e 7, encontraram-se as vazões $q = 4,40$ e $q = 11,33$ l/hora, constatando-se que o gotejador Irriga diferiu de 2,46 l/hora da vazão média, $\bar{q} = 13,79$ l/hora. Excluindo-se a hipótese de entupimento neste tipo de gotejador, muito provavelmente deve ter ocorrido a formação de bolhas de ar no seu interior, estreitando a seção de fluxo de água e diminuindo a vazão.



Para o Microtubo, deduziu-se uma função de fluxo, a partir da equação 1, chegando-se à seguinte expressão:

$$q = 10^{\left(\frac{1,20658 - (1,45584 + 0,6 K)^{0,5}}{-0,30} \right)} \quad \dots \text{eq. (8)}$$

sendo $K = 1,82708 + (1,06 \log H) + (4,74779 \log DM) + 7,66 (\log DM)^2 - \log T_L$

Embora o valor da perda de carga localizada possa ser obtido por meio da equação 4, procurou-se colocar esse cálculo na sua forma mais comumente empregada. Sendo assim, foram determinados, por meio da equação 5, os valores do coeficiente de perda de carga localizada H_g (Quadro 2), com os quais foram ajustadas as curvas observadas na Figura 2.

QUADRO 2 - Valores dos coeficientes de perda de carga localizada (k_g), obtidos por meio da equação 5, para os gotejadores Irriga, Dangotas e Microtubo, usando-se as vazões (Q) e o diâmetro interno (D) nas linhas de teste I, II e III, respectivamente

Linha I $D = 12,7 \text{ mm}$		Linha II $D = 14,4 \text{ mm}$		Linha III $D = 14,8 \text{ mm}$	
$Q(\text{m}^3/\text{s})$	k_g	$Q(\text{m}^3/\text{s})$	k_g	$Q(\text{m}^3/\text{s})$	k_g
$4,61 \cdot 10^{-5}$	0,684	$4,66 \cdot 10^{-5}$	2,092	$5,04 \cdot 10^{-5}$	0,115
$6,64 \cdot 10^{-5}$	0,652	$5,96 \cdot 10^{-5}$	2,043	$6,51 \cdot 10^{-5}$	0,094
$7,78 \cdot 10^{-5}$	0,638	$7,57 \cdot 10^{-5}$	1,995	$8,88 \cdot 10^{-5}$	0,070
$9,48 \cdot 10^{-5}$	0,622	$9,07 \cdot 10^{-5}$	1,958	$1,03 \cdot 10^{-4}$	0,060
$1,12 \cdot 10^{-5}$	0,608	$1,05 \cdot 10^{-4}$	1,927	$1,16 \cdot 10^{-4}$	0,053
$1,25 \cdot 10^{-4}$	0,599	$1,20 \cdot 10^{-4}$	1,899	$1,31 \cdot 10^{-4}$	0,045
$1,41 \cdot 10^{-4}$	0,590	$1,36 \cdot 10^{-4}$	1,872	$1,46 \cdot 10^{-4}$	0,039
$1,61 \cdot 10^{-4}$	0,579	$1,59 \cdot 10^{-4}$	1,838	$1,66 \cdot 10^{-4}$	0,032
$1,65 \cdot 10^{-4}$	0,577	$1,85 \cdot 10^{-4}$	1,805	$1,96 \cdot 10^{-4}$	0,024
-	-	$2,05 \cdot 10^{-4}$	1,784	$2,38 \cdot 10^{-4}$	0,015

Baseado nos maiores valores de K_g obtidos com o gotejador Dangotas, pode-se inferir que, para uma mesma vazão na linha lateral, esse gotejador apresentará maior perda de carga localizada em relação aos outros dois.

4. RESUMO

Foi estudada, no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de

Viçosa, a variação na vazão de gotejadores causada pelas diferenças entre eles e decorrentes do seu processo de fabricação. Determinaram-se as equações características de descarga-pressão e a perda de carga localizada nos gotejadores Dangotas, Irriga e Microtubo. Verificou-se que a temperatura da água não influí na vazão dos gotejadores Dangotas e Irriga, mas altera a vazão do Microtubo; que o cálculo do comprimento do Microtubo a ser adotado numa linha lateral pode ser feito pelas equações de Darcy-Weisbach e de Kenworthy e Kesner; que a maior e a menor variação na vazão dos gotejadores, decorrentes do processo de fabricação, ocorreram com os gotejadores Irriga e Microtubo, respectivamente.

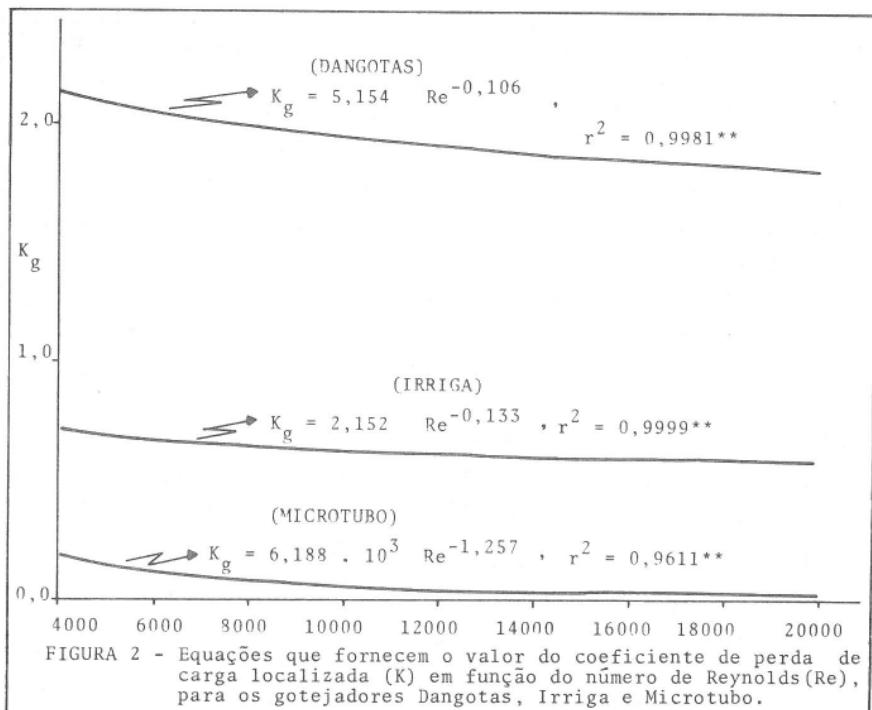


FIGURA 2 - Equações que fornecem o valor do coeficiente de perda de carga localizada (K) em função do número de Reynolds (Re), para os gotejadores Dangotas, Irriga e Microtubo.

5. SUMMARY

At the hidraulic laboratory of the Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil, a study was conducted of change in discharge due the manufacturing process of Dangotas, Irriga and Microtube types of drips and the equations of discharge — pressures and friction loss in this three types of drips were determined. It was found that for the Dangotas and Irriga types the discharge was not affected by the temperature of the water, but the Microtube type was affected.

It was verified that the length of Microtube required can be calculated using the equation of Darcy-Weisbach and of Kenworth and Kesner.

Highest levels of discharge variations due the manufacturing process were found in the Irriga type of drip and the lowest in the Microtubo type.

6. LITERATURA CITADA

1. GILAAD, Y.; KRYSTAL, L. & ZANKER, K. Hydraulic and mechanical properties of drippers. In: PROCEEDINGS OF THE SECOND INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, Riverside, 1974. p. 311-316.
2. HANSON, Grant Robert. *Hydraulics of trickle irrigation emitter lines*. Logan, Utah State University, 1973. 94 p. (Tese M.S.).
3. KARMELI, D. & KELLER, J. *Trickle Irrigation Design*. California, Rain Bird Sprinkler Mfg. Corp., 1975. 133 p.
4. KENWORTHY, A.L. & KESNER, C. Trickle irrigation in Michigan orchards: controlling rate of flow regulating valves and microtubes. In: PROCEEDINGS OF THE SECOND INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, Riverside, 1974. p. 275-280.
5. OLIVEIRA, C.A.S. *Hidráulica de gotejadores e de linhas laterais para irrigação por gotejamento*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa 1978. 72 p. (Tese M.S.).
6. PARCHOMCHUCK, P. Temperature effects on emitter discharge rates. *Transactions of the ASAE*, 19(4):690-692, 1976.