



DESEMPENHO DE GOTEJADORES ACOPLADOS A CONECTORES PARA MICROTUBOS DE DUAS E QUATRO SAÍDAS

R. M. Pereira¹, D. Sandri², K. M. C. de França³, S. M. P. Camargo³

RESUMO: Estudou-se o desempenho de gotejadores com conectores de duas e quatro derivações ligados a microtubos de comprimentos de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 cm acoplados a gotejadores tipo estaca submetidos a pressões de serviço de 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 m.c.a. As avaliações foram realizadas em 4 repetições com 4 gotejadores de fluxo turbulento cada. Como indicadores de desempenho, adotou-se o coeficiente de variação de fabricação (CVf) e a curva vazão x pressão. No conector de duas saídas, a variação de vazão entre os microtubos e pressões foi baixa (< 5,47%), no de quatro saídas, a variação foi, de maneira geral, mais elevada (< 8,45%). Para os conectores de duas saídas as vazões apresentaram maior variabilidade na pressão de 5 m.c.a., já no de quatro saídas as maiores variações foram observadas para as pressões de 5 e 35 m.c.a. Para as curvas vazão vs pressão, verificou-se que conectores com quatro saídas apresentam melhores ajustes para pressões acima de 10 m.c.a. em todos os comprimentos de microtubos avaliados. De maneira geral, para conector de duas saídas, o CVf foi considerado excelente (< 5%) e para o de quatro saídas variou entre mediano (5 a 7%) a marginal (7 a 11%).

PALAVRAS-CHAVE: Gotejador, vazão, conector

PERFORMANCE OF DRIPPERS WITH CONNECTORS FOR TWO AND FOUR-WAY OUTPUT

SUMMARY: This work aimed to evaluate the performance of two-way and four-way connectors used in a dripper and connected in microtubes with 20, 40, 60, 80, 100 and 120 cm with stake drippers connected in their extremities in variable pressure regimes (5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 mca). The evaluations were carried out in 4 replications with 4 drippers. The following performance indicators was used: coefficient of fabrication variation (CVf) and the

¹ Doutorando, FAV/UnB, Brasília – Distrito Federal. Fone (62) 994021988 Email: rodrigomouracbs@gmail.com.

² Doutor, Professor da FAV/UnB, Brasília, Distrito Federal. Email: sandri@unb.br.

³ Acadêmica de Agronomia, FAV/UnB, Brasília – Distrito Federal. Email: sarahcamargo_@hotmail.com, kalinecfra@unb.br

curve that relates water flow and pressure regime. In the two-way connectors, the variation of the water flows between the microtubes and pressures was low ($< 5,47\%$), but in the four-way connector the variation was high ($< 8,45\%$). For the four-way connectors the water flow shown higher variability at pressures of 5 and 35 mca. In the curves that relates water flow and pressures, was observed that the four-way connectors show better adjustments for pressures above 10 mca for all microtubes lengths. In general way, for the two-way connector the CVf was considered excellent ($<5\%$) and for the four-way connector the CVf was between regular (5 to 7%) and marginal (7 to 11%).

KEYWORDS: Dripper, water flow, connector

INTRODUÇÃO

A utilização de microtubos associados a gotejadores permite compensar eventuais perdas de carga em situações topográficas de aclave ou declive, apenas com a variação do comprimento do microtubo, uma vez que a vazão é proporcional ao seu comprimento (Almeida, 2008). Assim, o conhecimento das vazões e da energia dissipada nos microtubos acoplados a gotejadores em função da pressão de serviço aplicada é fundamental para avaliar a qualidade de fabricação dos materiais de modo a auxiliar nos ajustes necessários em projetos e no manejo de irrigação (Almeida & Botrel, 2010).

O princípio hidráulico de funcionamento do microtubo consiste em dissipar energia ao longo de seu comprimento, liberando uma pequena quantidade de água, onde as variações de comprimento, diâmetro e pressão definirão as vazões aplicadas. Sistemas de irrigação localizada por gotejamento com microtubos podem obter razoáveis níveis de uniformidade de distribuição de água quando bem dimensionados, por isso, a importância de se determinar experimentalmente as características hidráulicas dos microtubos e distribuição de pressão ao longo da linha (Pizarro Cabello, 1996).

Os microtubos podem ser instalados em conectores de uma ou mais saídas, acoplados diretamente à linha lateral de irrigação, ou então, instalados sobre os gotejadores conectados na linha lateral, onde a escolha do tipo de gotejador (autocompensado, antidrenante, convencional, etc) e a forma de conexão poderão interferir na vazão de cada microtubo. Adicionalmente, na saída de cada microtubo poderão ser instaladas estacas gotejadoras que servem tanto para sustentação quanto para dissipação da energia hidráulica, com conseqüente redução da vazão.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi o de avaliar o desempenho de conjuntos de microtubos com estacas gotejadoras em suas extremidades acoplados a gotejadores com conectores de duas e quatro saídas. Para a avaliação do desempenho adotou-se a variação de pressão de serviço com conseqüente variação de vazões determinando-se assim, o coeficiente de variação de fabricação e a curva vazão x pressão.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se o gotejador modelo Supernif ND (ND: antidrenagem) de cor “negro”, pressão de operação de 5 a 35 m.c.a. e vazão nominal de 3,8 L h⁻¹, instalado diretamente sobre a linha lateral constituída de um tubo de polietileno de 16 mm de diâmetro externo e 13,73 mm de diâmetro interno. Ao final de cada microtubo foi conectada uma estaca modelo Drippeg (Figura 1c), marca John Deere Water S.A.⁽¹⁾. As dimensões geométricas do gotejador são apresentadas na Figura 1.

A Figura 1d apresenta um típico modelo de contração após a seção de restrição (A_c), obtida por A_c = rA, onde r é a razão de obstrução, A é a área da seção de passagem do fluido e A_c representa a área de passagem do fluido pela tubulação com emissor inserido. Da mesma forma, V_c e V representam as velocidades em cada seção. De posse desses dados, calcula-se o índice de obstrução (IO):

$$IO = \left(\frac{A}{A_c} - 1 \right)^2 = \left(\frac{1-r}{r} \right)^2 \quad (1)$$

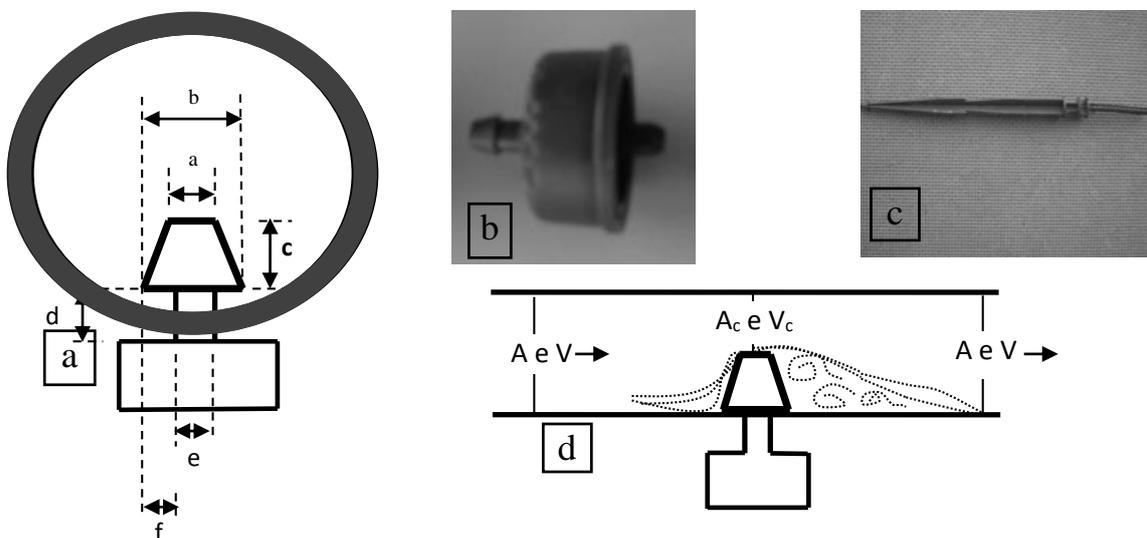


Figura 1. Caracterização das dimensões de parte da profusão do emissor no tubo (a), gotejador *on line* Supertif ND/negro (b), estaca Drippeg (c) e esquema da contração ou obstrução com a expansão do fluxo na profusão do emissor (d). ⁽¹⁾ Uso de produtos ou marcas registradas tem a finalidade exclusiva de facilitar a compreensão.

As dimensões do gotejador foram obtidas em 10 amostras com o uso de uma lupa, marca Leica, modelo EZ4D⁽¹⁾, onde se obteve as seguintes medidas: a = 3,57 mm; b = 5,31 mm; c = 3,64 mm; d = 3,44 mm; e = 3,93 mm e f = 0,61 mm.

Utilizaram-se adaptadores com duas (Figura 2a) e quatro saídas (Figura 2b) para microtubos conectados aos gotejadores acoplados ao tubo de polietileno. O microtubo utilizado possui diâmetro interno de 3 mm, com comprimentos avaliados de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 cm, para o conector de duas saídas e de 20, 40, 80 e 120 cm para o microtubo de quatro saídas. Para cada comprimento de microtubo com conector de duas saídas avaliaram-se as pressões de 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 m.c.a. e para o conector de quatro saídas, avaliou-se às pressões de 5, 15, 25 e 35 m.c.a. Ainda, em cada associação de número de saídas do conector, comprimento do tubo e pressão de serviço, obteve-se a vazão pelo método gravimétrico, com tempo de coleta de vazão de 2 minutos em quatro repetições.

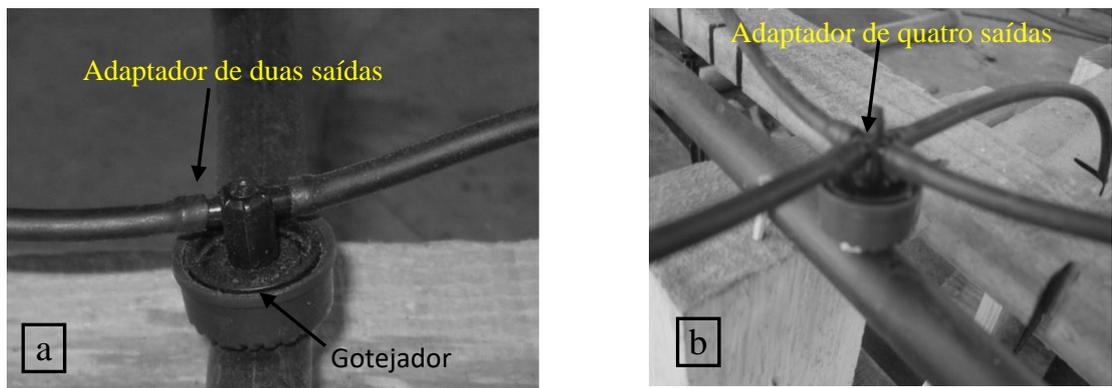


Figura 2. Adaptador de duas saídas (a) e de quatro saídas (b) instalado sobre o gotejador Supertif ND/negro acoplado na linha lateral.

Esquema simplificado do módulo de ensaio com seus respectivos componentes é apresentado na Figura 3.

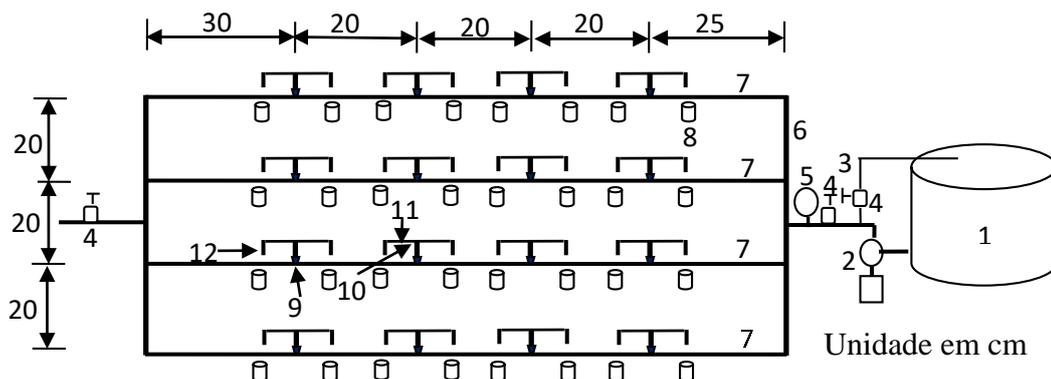


Figura 3. Croqui da instalação experimental completa com detalhe para adaptador de duas saídas com as dimensões do módulo para a determinação da vazão para diferentes comprimentos de microtubos acoplado no gotejador *on line* e na extremidade final do microtubo uma estaca Drippeg.

Legenda

1 - Reservatório de 1000 L	5 - Manômetro digital	9 - Gotejador Supertif ND/Negro
2 - Motobomba	6 - Tubo de polietileno de ½”	10 - Conector de duas/quatro saídas
3 - Bay pass	7 - Lateral de 16 mm de diâmetro	11 - Microtubo de diferentes comprimentos
4 - Registro de gaveta	8 - Coletor de plástico	12 - Estaca Drippeg para microtubo

A curva vazão x pressão apresenta, normalmente, o comportamento potencial Pizarro Cabello (1996), porém, devido a complexidade da adaptação de conectores a gotejadores analisou-se a possibilidade de ajuste por outro tipo de equação que fornecesse um coeficiente de determinação (R^2) mais robusto.

O coeficiente de variação de fabricação (CVf) é um valor adimensional, calculado pela equação proposta por Keller & Karmeli (1974) (Equação 2).

$$CVf = \frac{[(\sum qi^2 - nq_m^2)/(n-1)]}{qm} \quad (2)$$

em que, CVf = coeficiente de variação de fabricação, qi = vazão individual de cada gotejador ($L h^{-1}$), q_m = vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$), n = número de gotejadores no lote de amostragem.

A classificação dos emissores em fontes pontuais (gotejadores e microaspersores), baseados no coeficiente de variação de fabricação de fabricação, conforme a ASAE EP 405.1 (1994) e ABNT (1986) (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação do coeficiente de variação de fabricação (CVf) para emissores com aplicação pontual

ASAE (1994)		ABNT (1986)	
CVf (%)	Classificação	CVf	Classificação
Abaixo de 5	Excelente	< 10%	Boa
5 até 7	Mediano	10 a 20%	Média
7 até 11	Marginal	20% a 30%	Marginal
11 até 15	Ruim	> 30%	Inaceitável
Acima de 15	Inaceitável		

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A razão de obstrução ($r = A_c/A$) foi de 0,891, valor considerado adequado quando comparado a outros modelos de gotejadores disponíveis no mercado. O índice de obstrução (IO) apresentou valor considerado baixo (0,015).

Na pressão de serviço de 5 m.c.a. a vazão média do microtubo foi menor em todos os comprimentos no conector de duas saídas (Tabela 3). Nas pressões acima de 10 m.c.a. as vazões apresentaram valores similares com baixos valores de desvio padrão, quando comparadas à pressão de 5 m.c.a. A vazão média dos microtubos, considerando o mesmo comprimento e diferentes pressões de serviço, mostra valores similares entre todos os comprimentos, em torno de $1,82 \text{ L h}^{-1}$, o que indica que em relação à vazão nominal do gotejador de $3,8 \text{ L h}^{-1}$, em média, a vazão é igualmente dividida entre as saídas dos conectores de duas saídas nas faixas de pressão avaliadas.

No conector de duas saídas, a variação de vazão entre os lados foi considerada baixa, com valor máximo de 5,47%, na pressão de 25 m.c.a. e microtubo de 100 cm. A maior vazão em um dos lados do conector ocorreu de forma alternada, não sendo evidenciada alguma tendência de fluxo preferencial em algum dos lados dos conectores.

Assim como no conector de duas saídas, no de quatro saídas, a variação de vazão entre os lados foi de maneira geral considerada baixa, porém com variações mais acentuadas em relação ao conector de duas saídas, chegando a uma variação máxima de 8,45% na pressão de 20 m.c.a. e microtubo de 40 cm. Observou-se que entre os 16 gotejadores, portanto 64 saídas, não houve tendência de fluxo preferencial em um lado do conector, mas sim, há alternância entre as saídas dos conectores.

Para o conector de duas saídas, o coeficiente de variação de fabricação (CVf) é considerado excelente ($< 5\%$) pela ASAE (1994), para a grande maioria das situações e bom ($< 10\%$) pela ABNT (1986) em todas as situações estudadas (Tabela 4). No conector de quatro saídas (Tabela 5), considerando os dois lados do conector, o CVf foi de mediano a marginal (5% a 11%), com classificação excelente (CVf $< 5\%$) apenas na pressão 35 m.c.a. e comprimento de 20 cm, já segundo a ABNT (1986) foi considerado bom na maior parte dos comprimentos avaliados (CVf $< 10\%$).

Entre os conectores de quatro saídas o CVf foi avaliado considerando os lados do conector, onde observa-se alternância de valores entre os lados D1 e D2 do conector, nessa avaliação, a maior amplitude do CVf foram observadas na pressão de 5 m.c.a. no microtubo de 40 cm e no microtubo de 120 cm, na pressão de 35 m.c.a. no entanto, de maneira geral a estabilização do CVf entre os lados do conector é observada a partir de pressões acima de 20 m.c.a. Lima et al. (2014) afirmam que em gotejadores novos, o CVf diminui com o aumento da pressão de serviço, porém, o presente estudo não avaliou o CVf apenas em gotejadores, mas sim, em um conjunto que considerou gotejadores, conectores, microtubos e estacas gotejadoras. Mesmo com tal arranjo os valores de CVf, tanto para o conector de duas quanto para o de quatro

saídas, não apresentam valores excessivamente discrepantes para a maioria dos comprimentos de microtubos sob diferentes pressões de serviço.

Nos ajustes das curvas que relacionam pressão x vazão para conector de duas saídas, observam-se coeficientes de determinação (R^2) acima de 0,89, para o conector de quatro saídas os ajustes também apresentaram altos coeficientes de determinação, também em equações polinomiais de terceiro grau. (Figura 4)

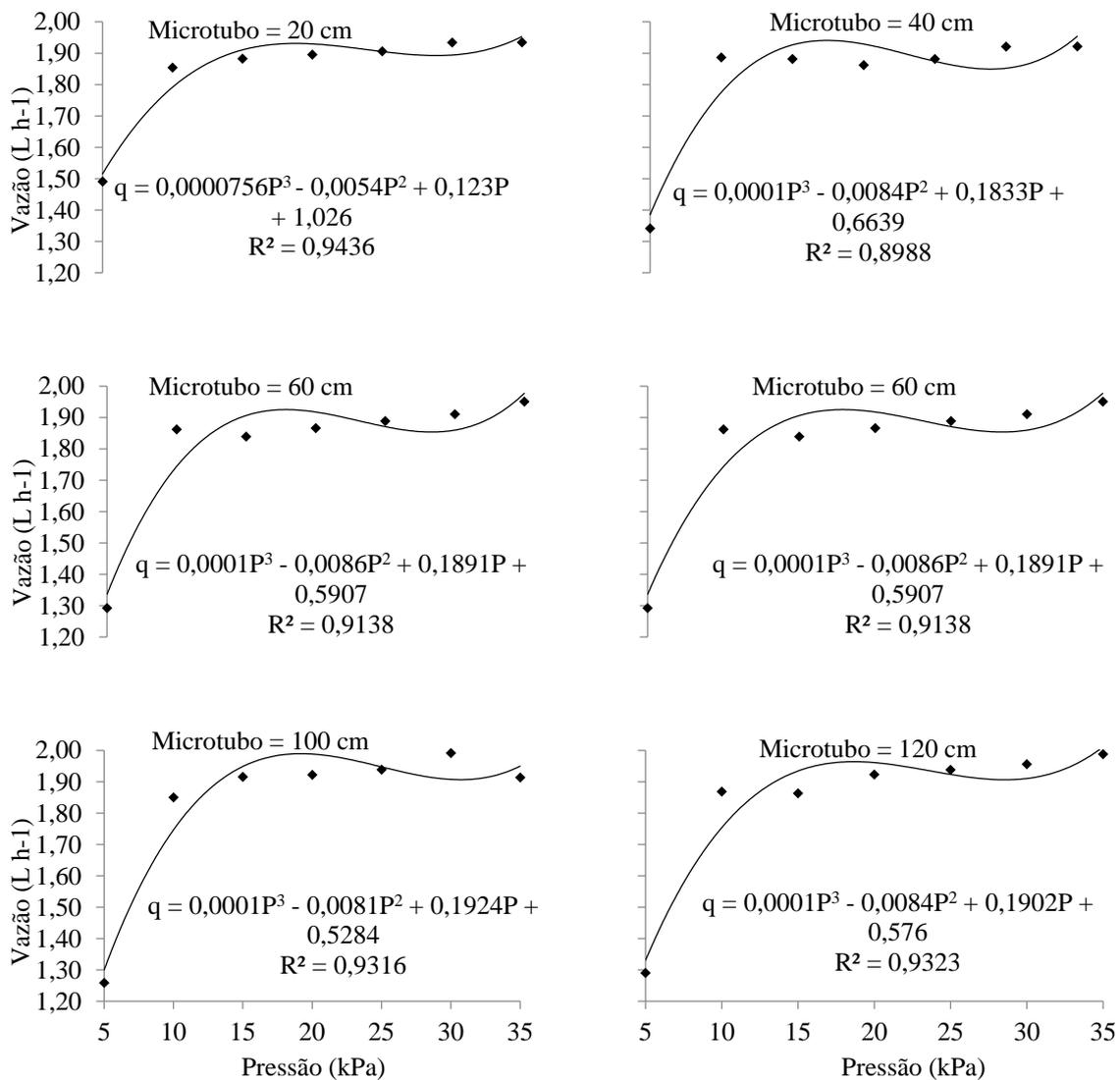


Figura 4. Vazão média considerando todos os dados obtidos, equação de regressão do tipo polinomial de terceiro grau e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) para os comprimentos dos microtubos de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 cm, para as pressões de 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 m.c.a. para conector com duas saídas.

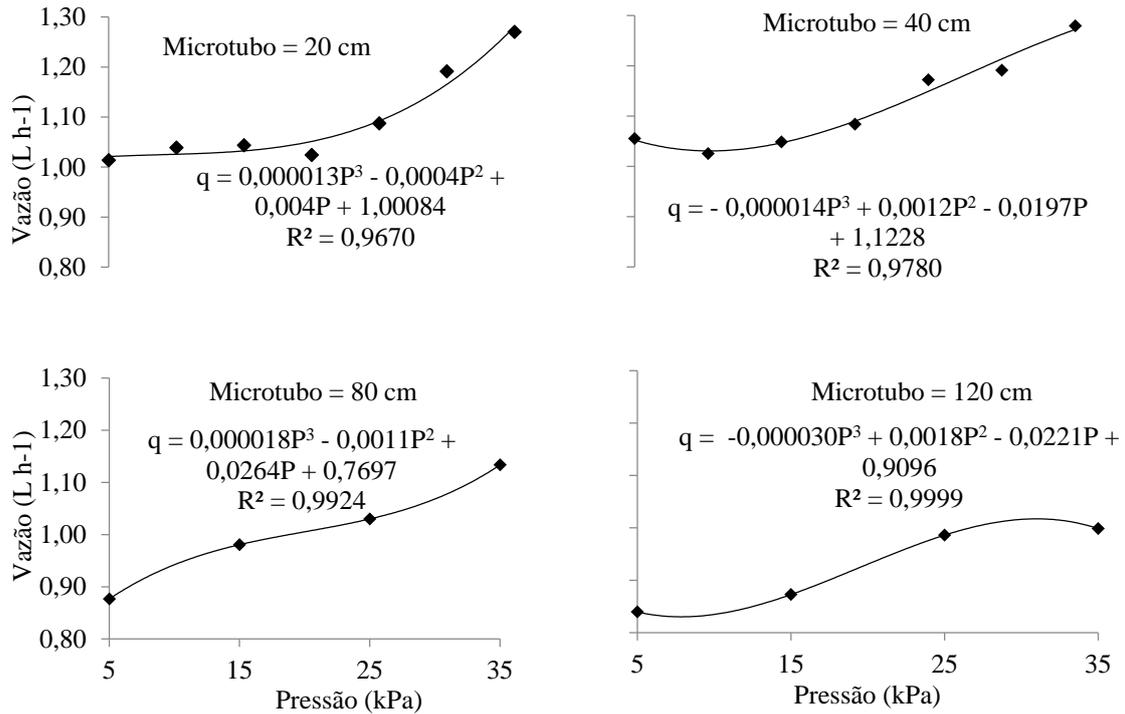


Figura 1. Vazão média considerando todos os dados obtidos, equação de regressão do tipo polinomial de terceiro grau e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) para os comprimentos dos microtubos de 20, 40, 80 e 120 cm e para as pressões de 5, 10, 15, 20, 25 e 35 m.c.a. para conector com quatro saídas.

CONCLUSÕES

Há alternância de vazão entre os lados dos conectores, tanto para o de duas saídas, quanto para o de quatro saídas. Em pressões de serviço acima de 10 m.c.a. a vazão dos microtubos em diferentes comprimentos apresenta menor variabilidade. De maneira geral, o coeficiente de variação de fabricação é menor no conector de duas saídas.

Tabela 3. Vazão média dos emissores considerando as quatro repetições, as quatro linhas, bem como a média geral entre os comprimentos e pressões, para cada pressão e comprimentos do microtubo para conector com duas/quatro saídas.

Pressões (m.c.a)	Comprimentos dos microtubos (cm)						Média (L h ⁻¹)	Desvpad (L h ⁻¹)
	20	40	60	80	100	120		
5	1,49/1,01	1,34/1,06	1,29	1,28/0,88	1,26	1,29/0,84	1,33/0,95	0,085/0,104
10	1,85/1,04	1,89/1,03	1,86	1,94	1,85	1,87	1,88/1,03	0,032/0,009
15	1,88/1,04	1,88/1,05	1,84	1,90/0,98	1,92	1,86/0,87	1,88/0,99	0,026/0,082
20	1,90/1,02	1,86/1,08	1,87	1,93	1,92	1,92	1,90/1,05	0,030/0,042
25	1,91/1,09	1,88/1,17	1,89	1,90/1,03	1,94	1,94/0,99	1,91/1,07	0,024/0,080
30	1,93/1,19	1,92/1,19	1,91	1,95	1,99	1,96	1,94/1,19	0,029/0,000
35	1,93/1,28	1,92/1,27	1,95	1,98/1,13	1,91	1,99/1,00	1,95/1,17	0,031/0,133
Média (L h ⁻¹)	1,84/1,11	1,81/1,11	1,80	1,84/1,01	1,83	1,83/0,92		
DesvPad (L h ⁻¹)	0,16/0,1	0,21/0,09	0,23	0,25/0,11	0,25	0,24/0,08		

Tabela 4. Coeficiente de variação de fabricação (CVF) em (%), considerando a média das quatro repetições, quatro linhas e lados do conector para cada pressão e comprimento do microtubo em conector de duas saídas.

Pressão (m.c.a.)	Comprimento do microtubo (cm)					
	20	40	60	80	100	120
5	4,42	6,54	7,89	6,23	8,40	3,71
10	4,25	3,22	5,18	4,94	3,13	3,70
15	4,36	4,49	4,93	3,89	4,85	3,76
20	4,48	5,43	5,36	4,63	4,09	3,64
25	4,58	5,12	4,47	5,56	6,16	3,42
30	5,07	4,46	4,70	4,33	5,23	3,09
35	4,38	4,71	4,21	4,00	5,57	3,43

Tabela 5. Coeficiente de variação de fabricação (CVF) em (%), considerando a média das quatro repetições, quatro linhas e lados dos conectores, para cada pressão e comprimento do microtubo em conector com quatro saídas.

Pressão (m.c.a.)	Comprimento do microtubo de 20 cm			Comprimento do microtubo de 40 cm		
	Direção D1	Direção D2	Media (L h ⁻¹)	Direção D1	Direção D2	Media (L h ⁻¹)
5	4,61	5,13	4,87	10,42	6,20	8,31
10	5,75	6,88	6,32	9,73	10,80	10,27
15	5,41	7,15	6,28	8,58	7,36	7,97
20	5,93	5,71	5,82	9,00	10,69	9,85
25	10,40	9,92	9,16	8,92	9,90	9,41
30	9,02	8,87	7,94	9,89	10,65	10,27
35	2,96	3,34	3,30	7,07	8,43	8,25

Pressão (m.c.a.)	Comprimento do microtubo de 80 cm			Comprimento do microtubo de 120 cm		
	Direção D1	Direção D2	Media (L h ⁻¹)	Direção D1	Direção D2	Media (L h ⁻¹)
5	4,72	5,43	5,07	5,54	6,08	5,81
15	5,02	4,70	4,86	4,75	5,14	4,95
25	6,08	6,07	6,07	6,06	5,81	4,93
35	8,78	7,85	8,31	4,09	10,02	7,05

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. Emissores para irrigação localizada: Avaliação de características operacionais. Projeto 12:02.08.21 São Paulo, 1986, 6p.

ALMEIDA, C.D.G.C.; BOTREL, T.A. Determinação do diâmetro de microtubos em irrigação localizada. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.5, n.3, p.413-417, 2010.

ALMEIDA, C. D. G. C. Microaspersor com microtubos: um novo conceito hidráulico na irrigação localizada. Piracicaba, 2008, 104p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP.

ASAE - American Society of Agricultural Engineers. Design and installation of microirrigation system. ASAE EP405. 1. St. Joseph Michigan, 1994, p.724-727.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. parameters Transactions of the ASAE, 17 (A):678 - 684, 1974.

LIMA, S. C.; MATOS, R. M.; GOMES, R. C. B.; SILVA, P. F.; DANTAS NETO, J. Coeficiente de variação de fabricação em gotejador autocompensante utilizando água salina. Revista Educação Agrícola Superior.v. 29, n. 1, p. 11-14, 2014.

PIZARRO CABELLLO, F. Riegos localizados de alta frequência. 3 ed. Madrid: Ed. Mundi Prensa,1996. 471p.