

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DO MICROASPELADOR «Dantas MA 120»^{1/}

Luiz Antonio Dias Paes ^{2/}

Blamor Torres Loureiro ^{3/}

Salassier Bernardo ^{3/}

Paulo Afonso Ferreira ^{3/}

1. INTRODUÇÃO

A irrigação por microaspersão é método relativamente novo. Foi desenvolvido na década de 70, para a irrigação de frutíferas, sendo, hoje, empregado para grande variedade de culturas em diversos países do mundo. O método caracteriza-se pela aplicação de água no solo, com pequena intensidade e alta frequência, por meio de microaspersores, que são dispositivos especiais capazes de derivar a água das tubulações, aspergindo-a sobre a superfície (9).

SOLOMON (10) cita que a diferença entre os emissores, devida ao processo de fabricação, é fator que influencia a uniformidade de distribuição de água e, portanto, a eficiência do sistema de irrigação utilizado.

HOWELL e HILER (3) comentam que, se a geometria do emissor foi fixada, verificar-se-á, ao longo da linha lateral, uma variação na vazão do emissor, correspondente à variação na pressão ao longo dessa linha.

Além do processo de fabricação e da variação de pressão ao longo da linha lateral, a variação da temperatura da água também pode contribuir para que haja variação na vazão dos emissores. Segundo PARCHOMCHUK (8), mudanças na viscosidade, dependendo da temperatura da água, podem causar variações significativas na vazão dos emissores, caso o regime de escoamento no emissor seja la-

^{1/} Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como parte das exigências para a obtenção do título de «Magister Scientiae» em Engenharia Agrícola.

Aceito para publicação em 23-12-1985.

^{2/} Departamento de Agricultura da FEIS-UNESP. 15378 Ilha Solteira, SP.

^{3/} Departamento de Engenharia Agrícola da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

minar. Quando o regime de escoamento no emissor for turbulento, a vazão praticamente não será alterada por mudanças na viscosidade, o que também foi observado por KELLER e KARMELI (4).

Vários autores (1, 2, 6, 7) esclarecem que é importante estabelecer a pressão ideal de funcionamento de aspersores, de modo que seja possível obter melhor distribuição da água.

Para o correto dimensionamento de um sistema de irrigação, é necessário o conhecimento das características hidráulicas dos seus componentes.

Diante desse fato, foi desenvolvido este trabalho, que visou a estudar as características hidráulicas e o efeito da temperatura da água sobre a vazão do microaspersor Dantas MA 120, bem como estabelecer uma função vazão-pressão para esse microaspersor.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa.

Foi estudado o microaspersor Dantas, modelo MA 120, que apresenta uma vazão nominal de 120 l.h^{-1} , a uma pressão de 15 mca, sendo o jato d'água fracionado em pequenas gotas ao passar, sob pressão, pelo orifício de saída. A conexão na linha lateral é feita por meio de encaixe de pressão, podendo o microaspersor vir acompanhado de um tubo alongador, de material flexível, com 4 mm de diâmetro e 40 cm de comprimento, e de uma haste de sustentação, de 26 cm de comprimento.

Foram efetuados cinco tipos de testes, em laboratório, com o microaspersor: teste de uniformidade de vazão, teste para determinação da equação característica vazão-pressão, teste para determinação do efeito da temperatura sobre a vazão dos microaspersores, teste para determinação do perfil de distribuição de água em torno do microaspersor e teste para determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição de água pelos microaspersores.

Em todos os testes, o suprimento de água foi proveniente da estação de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa.

Durante a realização dos testes com pressões de até 15 mca, abasteceu-se um reservatório de nível constante, medindo-se as pressões com o auxílio de um manômetro de tubo em U, utilizando-se mercúrio como líquido manométrico. Para testes com pressões superiores a 15 mca, a água foi tomada diretamente da rede de distribuição proveniente da estação de tratamento, sendo as pressões medidas por meio de um manômetro metálico, marca Willy, com escala de 0 a 5 kgf.cm^{-2} . Em todos os testes, a pressão foi controlada por meio de um registro de gaveta, instalado entre um manômetro e uma câmara estabilizadora de pressão.

No teste para determinação do efeito da temperatura sobre a vazão dos microaspersores foi controlada a temperatura da água que passava por um aquecedor caseiro, marca JMS, com capacidade de 40 litros, provido de termostato graduado com intervalos de 5°C .

2.1. Determinação da Uniformidade de Vazão

Este teste visou a observar a variação de vazão entre os microaspersores, em virtude de diferenças decorrentes do processo de fabricação.

Tomou-se uma amostra constituída de 30 unidades, obtidas, aleatoriamente, de uma população de 100 microaspersores, instalados, dois a dois, com espaçamento de 30 cm, em segmentos, de 1 m de comprimento, de tubo de polietileno preto,

marca CIPLA, com bitola nominal de 3/4" x 2,5 mm. Dessa maneira, foram constituídas 15 unidades operacionais, cada uma delas com dois microaspersores, que foram testados simultaneamente.

A temperatura da água, mantida à pressão constante de 15 mca e medida com um manômetro em U, usando-se mercúrio como líquido manométrico, durante o teste, variou de 25 a 30°C.

Os valores de vazão de cada microaspersor foram obtidos por meio da cronometragem de um tempo de cinco minutos, com precisão de décimos de segundo, coletando-se o volume de água correspondente em um recipiente de, aproximadamente, 20 litros, medindo-o com o auxílio de uma proveta de 2.000ml, graduada com intervalos de 20 ml, e calculando-se a média aritmética de três repetições.

Com os dados obtidos, determinou-se a vazão média dos microaspersores (\bar{q}), o desvio-padrão (s) e o coeficiente de variação (CV).

2.2. Determinação da Equação Característica de Vazão-Pressão dos Microaspersores

Neste teste, foram sorteados cinco conjuntos operacionais, dentre os 15 utilizados, para estudar a uniformidade de vazão. Cada conjunto foi submetido a diferentes pressões, dentro da sua faixa de pressão de serviço, ou seja: 5,0, 7,5, 10,0, 12,5, 15,0, 17,5, 20,0, 22,5 e 25,0 mca.

Para cada valor de pressão, foram feitas três leituras de vazão, tomando-se a média aritmética como o valor representativo dessa grandeza. A unidade de vazão utilizada foi litros por hora ($l.h^{-1}$), com precisão centesimal.

O procedimento utilizado para medir as vazões foi idêntico ao do teste anterior, sendo as pressões de até 15 mca medidas com manômetro em U e as demais com manômetro metálico Willy, com escala de 0 a 5 kgf. cm^{-2} .

Com os dados das pressões aplicadas e vazões médias observadas, foi estabelecida, por meio de regressão, uma função de vazão do tipo potencial, como a apresentada por KELLER e KARMELI (5), ou seja:

$$q = bHa^a \quad \text{eq. 1}$$

em que

q = vazão do emissor, l/h ;

H = pressão na entrada do emissor;

b = constante que caracteriza o emissor e

a = constante que caracteriza o regime de escoamento.

2.3. Determinação do Efeito da Temperatura da Água sobre a Vazão dos Microaspersores

Neste teste, trabalhou-se com amostras constituídas de dois conjuntos operacionais (quatro microaspersores) sorteados dentre 15. Os microaspersores foram submetidos à pressão constante de 15 mca e às temperaturas de 25, 30, 35, 40 e 45°C.

Para cada temperatura e cada microaspersor, foram realizadas três determinações de vazão, com procedimento idêntico ao citado anteriormente. Tomou-se a média aritmética como o valor mais representativo dessa grandeza.

Dessa forma, procurou-se determinar o efeito da temperatura da água sobre a vazão dos microaspersores.

2.4. Determinação do Perfil de Distribuição de Água pelos Microaspersores

Neste teste, a amostra foi constituída de cinco microaspersores, submetidos às pressões de 5,0, 10,0, 15,0, 20,0 e 25,0 mca e operados durante uma hora.

A precipitação foi coletada em pluviômetros, dispostos em duas linhas ortogonais, seguindo os eixos Norte-Sul e Leste-Oeste, e espaçados de 0,10m entre si. O volume coletado foi medido com o auxílio de uma proveta de 100 ml, graduada em ml.

Como pluviômetros foram usadas latas de refrigerantes, cortadas à altura de 9 cm, com área de seção de captação igual para todas, que estavam perfeitamente niveladas.

Os microaspersores foram instalados 20 cm acima do nível dos pluviômetros.

Os valores de precipitação, para cada ponto, foram obtidos pela média aritmética de quatro pluviômetros, situados à mesma distância do microaspersor.

2.5. Determinação da Uniformidade de Distribuição de Água pelos Microaspersores

Neste teste, a amostra foi constituída de cinco microaspersores, submetidos às pressões de 10,0, 15,0 e 20,0 mca e operados durante uma hora.

A precipitação foi obtida de forma análoga ao teste anterior, tendo sido os pluviômetros dispostos sobre o solo, ao redor do microaspersor, em forma de malha quadrada, e espaçados de 0,5 m.

Para obter os valores de precipitação em cada pluviômetro, calculou-se a média aritmética dos valores de precipitação de cada microaspersor, com três repetições.

A determinação e a análise de uniformidade de distribuição de água foram feitas para um sistema de irrigação por microaspersão em linha, com diferentes espaçamentos entre microaspersores e faixa de molhamento correspondente ao menor diâmetro de alcance do jato, observado durante a realização dos testes para cada uma das pressões testadas. Foram determinados os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), de aplicação (CUA) e de uniformidade estatístico (CUE), por meio das seguintes equações:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n [X_i - \bar{X}]^2}{n\bar{X}^2} \right), \quad \text{eq. 2}$$

em que

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

X_i = precipitação observada em cada pluviômetro;

\bar{X} = média das precipitações e

n = número de pluviômetros

$$CUA = \frac{100 \bar{x}}{\bar{X}}, \quad \text{eq. 3}$$

em que

CUA = coeficiente de uniformidade de aplicação, %, e

\bar{x} = média de 25% do total de pluviômetros com as menores precipitações.

$$CUE = 100 \left[1 - \frac{s}{\bar{X}} \right] \quad \text{eq. 4}$$

em que

CUE = coeficiente de uniformidade estatístico, %, e

s = desvio-padrão dos dados de precipitação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Uniformidade de Vazão do Microaspersor

Os 30 microaspersores, testados a pressão constante de 15 mca, apresentaram vazão média de $97,88 \text{ l.h}^{-1}$, com desvio-padrão de $\pm 6,29$ e coeficiente de variação (CV) de 6,42%. A vazão encontrada foi inferior à vazão nominal fornecida pelo fabricante, encontrando-se o microaspersor numa faixa de uniformidade média, de acordo com a classificação proposta por SOLOMON (10), com base no coeficiente de variação.

Uma vez que as condições de testes foram iguais para os diversos tipos de microaspersor, as diferenças verificadas na vazão devem ser atribuídas ao processo de fabricação.

3.2. Equação Característica de Vazão-Pressão do Microaspersor

Submetendo cada microaspersor a diferentes pressões, obtiveram-se valores correspondentes de vazão-pressão.

Por meio de análise de regressão desses dados, ajustou-se a seguinte equação:

$$\hat{q} = 22,11 H^{0,55} \quad \text{eq. 5}$$

em que

\hat{q} = vazão do microaspersor, l.h^{-1} , e

H = pressão na entrada do microaspersor, m.c.a.

O coeficiente de determinação (R^2) da equação foi igual a 0,9997 e o teste F foi significativo, a 1% de probabilidade.

A representação gráfica dessa equação pode ser observada na Figura 1.

3.3. Efeito da Temperatura

Com o intuito de verificar o efeito da temperatura da água na vazão dos microaspersores, coletaram-se dados de vazão, cujos valores se encontram no Quadro 1.

O efeito da temperatura sobre a vazão dos microaspersores não foi significativo, a 5% de probabilidade.

Verifica-se que, para uma variação de temperatura de 20°C (de 25 a 45°C), houve uma tendência de aumento na vazão, o que pode contribuir para melhorar a uniformidade de vazão ao longo da linha lateral, visto que, normalmente, em condições de campo, temperaturas mais elevadas ocorrem no final da linha, local em que os emissores trabalham sob pressões mais baixas.

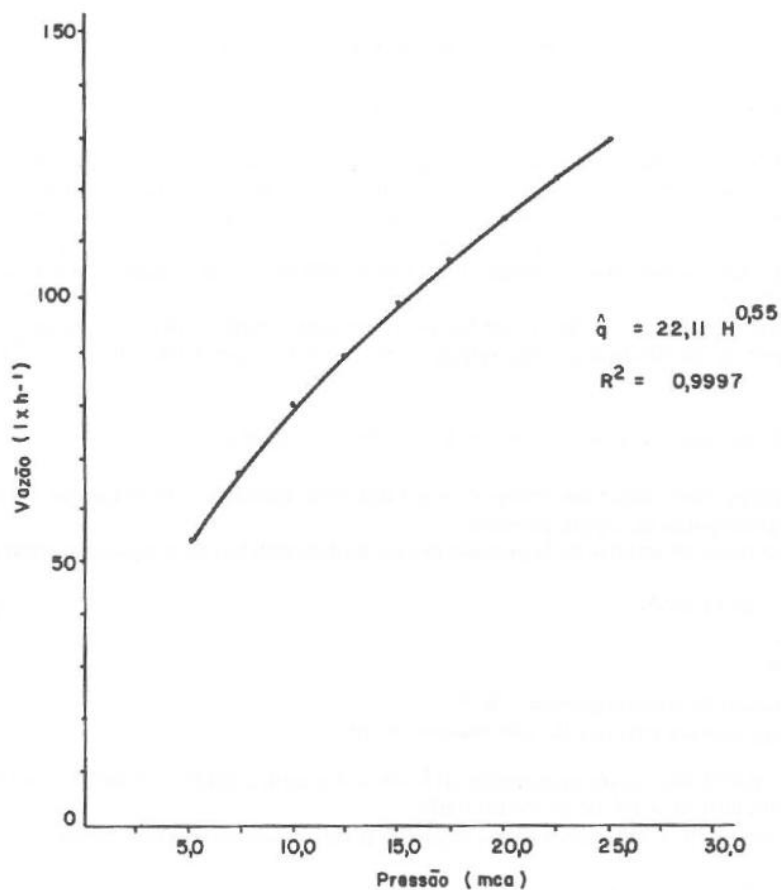


FIGURA 1 - Representação gráfica da equação estimada de vazão-pressão para o Microaspersor Dantas MA 120.

QUADRO 1 - Vazões ($l \cdot h^{-1}$) do microaspersor Dantas MA 120, a diferentes temperaturas, sob pressão de 15 mca

Microaspersor nº	Temperatura ($^{\circ}C$)				
	25	30	35	40	45
19	99,10	99,67	100,20	100,60	102,46
20	103,70	104,40	105,40	106,10	106,80
27	102,36	103,12	103,16	103,28	103,68
28	92,60	93,20	93,60	96,36	96,48

3.4. Perfil de Distribuição de Água

Os dados de intervalo de variação do diâmetro molhado e de diâmetro molhado médio encontram-se no Quadro 2, enquanto a representação gráfica do perfil de distribuição pode ser observada na Figura 2.

Analisando o Quadro 2, observa-se grande variabilidade no perfil de distribuição de água dos microaspersores quando sujeitos à mesma pressão.

Durante a realização do teste, observou-se que o microaspersor provocou pulverização excessiva do jato quando submetido à pressão de 25 mca. Isso pode ser confirmado pela diminuição no diâmetro molhado do microaspersor sob o valor extremo de pressão testado.

QUADRO 2 - Intervalo de variação do diâmetro molhado e do diâmetro médio para o microaspersor Dantas MA 120, sob diferentes pressões

Pressão (mca)	Intervalo de variação do diâmetro molhado (m)	Diâmetro molhado médio (m)
5,0	1,50 a 2,20	1,70
10,0	3,00 a 4,40	3,60
15,0	3,80 a 5,30	4,53
20,0	4,10 a 6,10	5,00
25,0	4,30 a 5,40	4,98

3.5. Uniformidade de Distribuição de Água

As faixas de molhamento consideradas na determinação da uniformidade de distribuição de água foram de 2, 3 e 4 m, para o caso do microaspersor submetido às pressões de 10, 15 e 20 mca, respectivamente.

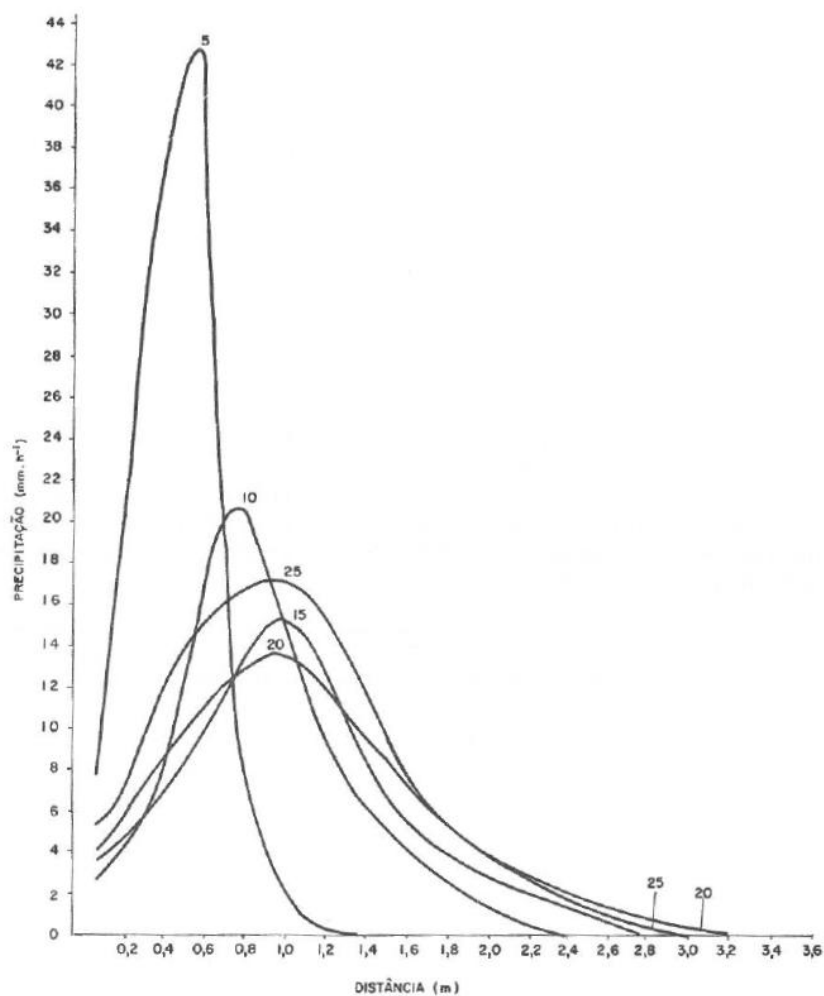


FIGURA 2 - Precipitação em torno do Microaspersor Dantas MA 120, quando submetido às pressões de 5, 10, 15, 20 e 25 mca.

Os valores dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), de aplicação (CUA) e de uniformidade estatístico (CUE) encontram-se no Quadro 3.

Observou-se que, de forma geral, os microaspersores apresentaram grande desuniformidade de aplicação de água, trabalhando como um sistema de irrigação em linha, à exceção do microaspersor instalado com espaçamento de 1 m e submetido às pressões de 10 e 15 mca. Portanto, recomenda-se o emprego do microaspersor apenas no caso de operação isolada, como na irrigação de frutíferas, podendo também ser empregado em irrigação de faixas contínuas, desde que com pequeno espaçamento entre eles.

4. RESUMO

No Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa, foi conduzido um estudo sobre as características hidráulicas do microaspersor Dantas MA 120.

Os microaspersores foram testados sob pressão constante e sob pressão variável. Sob pressão constante, procurou-se analisar a variação de vazão entre microaspersores, decorrente do processo de fabricação, e o efeito da temperatura da água sobre a vazão desses microaspersores. Sob pressão variável, determinou-se a equação característica de vazão-pressão dos microaspersores, determinando-se, também, o perfil de distribuição de água, o alcance do jato e a uniformidade de aplicação de água pelos microaspersores.

Com base nos resultados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões:

a) a vazão média do microaspersor, à pressão de serviço de 15 mca, foi inferior à vazão nominal fornecida pelo fabricante e igual a $97,88 \text{ l.h}^{-1}$, com um coeficiente de variação médio igual a 9,76%.

b) a equação característica de vazão-pressão do microaspersor foi $\hat{q} = 22,21 H^{0,55}$, sendo \hat{q} a vazão do microaspersor, em l.h^{-1} , e H a pressão na entrada do microaspersor, em mca.

c) as vazões dos microaspersores não diferiram quando a temperatura variou de 25 a 45°C, com intervalos de 5°C.

d) os microaspersores apresentaram grande variabilidade no perfil de distribuição e no diâmetro molhado quando submetidos à mesma pressão, apresentando diâmetros médios de alcance de 1,70, 3,60, 4,53, 5,00 e 4,98 quando submetidos às pressões de 5, 10, 15, 20 e 25 mca, respectivamente.

5. SUMMARY

(HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF THE MICROSPRINKLER «DANTAS MA 120»)

This paper deals with hydraulic characteristics of the Dantas MA 120 micro-sprinkler. The study was carried out at the Hydraulics Laboratory of the Federal University of Viçosa, State of Minas Gerais.

The microsprinklers were tested under constant and variable pressure conditions. Research was conducted to analyze, under constant pressure conditions, microsprinkler discharge variation resulting from the manufacturing process, and

QUADRO 3 - Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de aplicação (CUA), para diferentes espaçamentos do microaspersor Dantas MA 120, quando submetido a diferentes pressões

Espaçamento	Pressão (mca)								
	10			15			20		
	CUE	CUC	CUA	CUE	CUC	CUA	CUE	CUC	CUA
1,0	78,7	87,5	82,9	76,9	81,5	66,3	45,4	43,0	31,2
1,5	51,3	60,1	52,1	71,3	77,0	62,5	48,3	57,1	39,1
2,0	49,2	58,8	35,2	62,9	70,3	57,8	51,3	60,4	42,8
2,5	45,1	43,6	33,6	58,3	66,5	51,7	50,4	60,5	37,8
3,0	30,2	41,9	28,2	55,2	64,2	44,2	49,7	59,1	35,4
3,5				47,6	52,4	38,3	54,1	63,2	46,2
4,0				36,3	43,6	26,3	37,3	44,5	29,4
4,5							27,0	37,5	24,2

to determine the effect of water temperature. Under variable pressure conditions, the profile of water distribution the wetted diameter, and the uniformity of water application were determined. The characteristic equation for discharge pressure was also established.

6. LITERATURA CITADA

1. BERNARDO, S. *Manual de Irrigação*. 3. ed. Viçosa, UFV, Imp. Univ., 1982. 463 p.
2. CHRISTIANSEN, J.E. *Irrigation by sprinkling*. Berkeley, California Agricultural Experiment Station, 1942. 124 p. (Bull. 670).
3. HOWELL, T.A. & HILER, E.A. Designing trickle irrigation laterals for uniformity. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS. 2.º, San Diego, 1974. Proceedings, Riverside, 1974. p. 299-304.
4. KELLER, J. & KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. *Transactions of the ASAE*, 17(4):678-684, 1974.
5. KELLER, J. & KARMELI, D. *Trickle irrigation design*. California, Rain Bird Sprinklers Mfg. Co., 1975. 133 p.
6. OLITTA, A.F.L. *Os métodos de irrigação*. São Paulo, Nobel, 1978, 267 p.
7. PAIR, C.H.; HINZ, W.W.; REID, C. & FROST, K.R. *Sprinkler irrigation*. 3 th ed. Washington, Sprinkler Irrigation Association, 1969. 444 p.
8. PARCHOMCHUK, P. Temperature effects on emitter discharge rates. *Transactions of the ASAE*, 19(4):690-692, 1976.
9. SCHADE, R.O. The use of foggers in drip irrigation. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2.º, San Diego, 1974. Proceedings, Riverside, 1974. p. 129-130.
10. SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. *Transactions of the ASAE*, 22(5):1034-1038, 1979.