



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

MODELAGEM PARA O DIMENSIONAMENTO DE MICROTUBOS EM REGIME DE ESCOAMENTO TURBULENTO

SOUZA, R. O. R. M¹; MARIANO, R. V.² & ROCHA, F.J. DA²

¹Professor Doutor, Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Presidente Tancredo Neves nº 2501, UFRA/ICA, CEP: 66077-530, Belém/PA. Fone: (91)32105153. e-mail: rodrigo.souza@ufra.edu.br

²Estudante de graduação, FATEC, Sobral/CE

RESUMO: Com o intuito de oferecer embasamento técnico-científico para o desenvolvimento de uma irrigação de baixo custo e alto nível tecnológico, este trabalho teve como objetivo verificar o modelo que melhor represente a perda de energia no microtubo, considerando um regime de escoamento turbulento. O presente trabalho foi conduzido no Laboratório da FATEC/Sobral, onde foi estabelecida com base nos resultados dos ensaios dos microtubos em regime de escoamento turbulento, a relação entre pressão, comprimento, vazão e diâmetro. Os modelos avaliados foram: Equação de Khatri et al. (1979); Equação empírica ajustada com base nos dados de laboratório; e a Fórmula Universal, utilizando Blasius para determinação do fator de atrito. Dentre os modelos estudados a Fórmula Universal com a equação de Blasius para a determinação do fator de atrito foi o que melhor representou o fenômeno de perda de energia no microtubo em regime de escoamento turbulento.

Palavras-chave: irrigação localizada, microtubos, hidráulica

MODELING FOR THE DESIGN OF MICROTUBES IN TURBULENT FLOW REGIME

ABSTRACT: With the intention of offering technician and scientific background for the development of a low cost and high technological irrigation, the objective of this work was to verify the model that best represents the head lost in microtubes, considering a turbulent flow regime. This work was lead at the Laboratory of FATEC/Sobral, where it was established the relationship between pressure, length, flow and diameter, based on the results of the microtubes tests in turbulent flow regime. The evaluated models were: equation of Khatri et al. (1979); empiric equation based on the laboratory tests; and the Universal Equation, with Blasius for determination of the attrition factor. The Universal Equation with Blasius was the best model for represented the head lost in the microtube in turbulent fow regime.

Keywords: localized irrigation, microtubes, hydraulic.



INTRODUÇÃO

O microtubo é o mais antigo gotejador de longo percurso. Esse emissor nada mais é que um pequeno tubo de plástico com diâmetro entre 0,5 e 2 mm, que se caracteriza pela fácil instalação e baixo custo, quando comparado com outros tipos de emissores.

Os microtubos apresentam, quando trabalham em regime laminar, os inconvenientes de alta sensibilidade a variações de temperatura e pressão, além de maiores riscos de entupimento (Soares, 1981). Mesmo com essas dificuldades, Pizarro Cabello (1987) comenta que na Espanha os microtubos se tornaram muito populares pelo seu baixo custo e por uma peculiaridade interessante: o agricultor pode uniformizar as vazões, mesmo o sistema estando instalado, cortando os emissores no comprimento que se mostre adequado.

Uma alternativa para minimizar o risco de entupimento e a sensibilidade do microtubo às variações de temperatura e pressão, é a utilização dos emissores com um regime de escoamento turbulento.

Na literatura existem equações empíricas para o dimensionamento de microtubos em regime de escoamento turbulento. Khatri et al. (1979) realizaram um estudo sobre hidráulica de microtubos e determinaram equações que representam a perda de carga total em diversas condições de regime de escoamento.

A utilização da Fórmula Universal (Darcy-Weisbach) também seria uma alternativa para o dimensionamento de microtubos em regime de escoamento turbulento. Neste caso, o fator de atrito “ f ” pode ser estimado com a equação de Blasius (Porto, 1999).

Dentro desse contexto e com o intuito de oferecer embasamento técnico-científico para o desenvolvimento de uma irrigação de baixo custo e alto nível tecnológico, este trabalho teve como objetivo verificar o modelo que melhor represente a perda de energia no microtubo, considerando um regime de escoamento turbulento. Os modelos avaliados foram: Equação de Khatri et al. (1979); Equação empírica ajustada com base nos dados de laboratório; e a Fórmula Universal, utilizando Blasius para determinação do fator de atrito.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Irrigação da Faculdade Tecnológica de Sobral, onde foi estabelecida com base nos resultados dos ensaios dos microtubos em regime de escoamento turbulento, a relação entre pressão, comprimento, vazão e diâmetro.

A avaliação dos microtubos foi realizada em diferentes condições de diâmetro, pressão e comprimento. Durante o ensaio os emissores funcionaram em regime turbulento. Foram avaliados microtubos com diâmetros internos de 1,5 (A); 1,0 (B); 0,8 (C); 0,7 (D); e 0,6 mm (E). Os valores dos diâmetros foram fornecidos pelo fabricante. Os testes foram realizados com pressões até 300 kPa.

Para cada comprimento o emissor foi posto em funcionamento em cinco ou seis pressões de serviço diferentes. Os ensaios foram realizados nas seguintes condições: microtubo A com pressões entre 300 e 20 kPa e comprimentos entre 0,1 a 0,8 m; microtubo B com pressões entre 300 e 50 kPa e comprimentos entre 0,1 a 0,6m; microtubo C com pressões entre 300 e 100 kPa e comprimentos entre 0,1 a 0,3m; microtubo D com pressões entre 300 e 120 kPa e comprimentos de 0,1 e 0,2m; e microtubo E com pressões entre 300 e 220 kPa e comprimento de 0,1m.

A pressão de serviço do emissor foi regulada através de um registro de precisão e medida com um manômetro digital. A vazão do microtubo foi mensurada três vezes em cada condição de pressão. A vazão dos emissores foi calculada com base no volume de água coletado durante o tempo de três minutos.

Com base nos resultados dos ensaios de laboratório foram testados três modelos de representação do fenômeno de perda de energia no microtubo em regime de escoamento turbulento. Os modelos testados foram:

Khatri et al. (1979):

$$HF = 0,0036 \frac{Q^{1,779}}{D^{4,857}} L \quad (1)$$

em que,

Hf é a perda de carga no microtubo (mca); Q é a vazão (L h⁻¹); D é o diâmetro (mm); L é o comprimento (cm).

Fórmula Universal (eq. 2) com a equação de Blasius (eq. 3) para a determinação do fator de atrito:

$$HF = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

$$f = \frac{0,316}{NR^{0,25}} \quad (3)$$

em que,

Hf é a perda de carga no microtubo (mca); f é o fator de atrito (adimensional); V é a velocidade da água (m s⁻¹); D é o diâmetro (m); L é o comprimento (cm); g é a aceleração da gravidade (m s⁻²); NR é o número de Reynolds.

Equação empírica ajustada com base nos dados de laboratório:

$$HF = a \frac{Q^b}{D^c} L \quad (4)$$

em que,



H_f é a perda de carga no microtubo (mca); “a”, “b”, e “c” são constantes; Q é a vazão ($L h^{-1}$); D é o diâmetro (mm); L é o comprimento (m).

Para escolha do modelo que melhor representa a perda de energia no microtubo, foram estimados valores de pressão para as diversas condições de vazão, comprimento e diâmetro. Esses valores foram comparados com os valores obtidos em laboratório. O parâmetro de comparação entre modelos foi o Erro Quadrático Médio (eq. 5).

$$EQM = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (D - D_i)^2}{n} \right)^{0,5} \quad (5)$$

em que,

D é o dado observado; D_i é o dado estimado; n é o número de observações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados dos ensaios de laboratório foi realizado o ajuste da Equação Empírica para a obtenção dos seus coeficientes:

$$HF = 0,194 \frac{Q^{2,094}}{D^{5,233}} L \quad (6)$$

em que,

H_f é a perda de carga no microtubo (mca); Q é a vazão ($L h^{-1}$); D é o diâmetro (mm); L é o comprimento (m).

Com os valores de vazão, comprimento e diâmetro do microtubo foram estimados valores de pressão. Este procedimento foi repetido com cada modelo em estudo. Os valores estimados de pressão foram comparados com os valores obtidos em laboratório (Figura 1). A comparação

foi

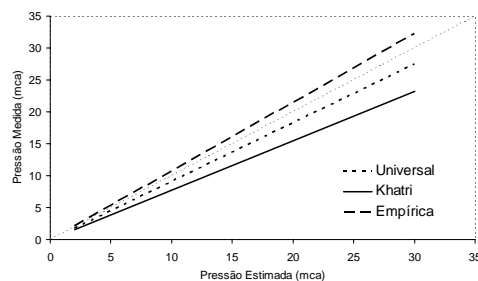


Figura 1. Relações entre pressões medidas e pressões estimadas, obtidas com base nas equações propostas por Khatri et al.(1979), Fórmula Universal com Blasius e a Equação Empírica.

realizada graficamente, quanto mais a equação ajustada (pressão estimada versus pressão medida) estiver próxima da equação $x = y$, mais os valores estimados se aproximam dos valores medidos.

A fórmula Universal com Blasius e a Equação Empírica obtiverem equações de pressão medida versus pressão estimada próximas da reta $X=Y$ (Tabela 1). Já a equação de Khatri et al. (1979) obteve um desempenho abaixo dos demais modelos, o que ficou comprovado pelo valor de EQM (5,8 mca).

Comparando a Fórmula Universal com a Empírica observa-se que a primeira obteve um desempenho superior, pois representou com maior precisão o fenômeno de perda de energia no microtubo em regime de escoamento turbulento, o valor de EQM para ambos os modelos foram respectivamente 3,7 mca e 3,9 mca. Pode-se observar também que a Fórmula Universal tende a superestimar os valores de pressão e a Equação empírica tende a subestimar.

Por tanto, com base nos resultados obtidos, recomenda-se a utilização da fórmula Universal com Blasius para o dimensionamento de microtubos em regime de escoamento turbulento.

Tabela 1. Parâmetros obtidos com base nos modelos propostos

Modelos	Pressão medida X Pressão estimada	EQM (mca)
Khatri et al. (1979)	$y=0,7739x$	5,8
Universal com Blasius	$y=0,918x$	3,7
Empírica	$y=1,0757x$	3,9

CONCLUSÕES

Dentre os modelos estudados a Fórmula Universal com a equação de Blasius para a determinação do fator de atrito foi o que melhor representou o fenômeno de perda de energia no microtubo em regime de escoamento turbulento, embora se tenha notado uma tendência de superestimativa dos valores de pressão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KHATRI, K.C.; WU, I.; GILTILIN, H.M.; PHILLIPS, A. Hydraulics of microtube emitters. **Journal of the Irrigation and Drainage Division of ASCE**, New York, v.105, n. IR2, p.167-173, 1979.
- PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. Madrid: Mundi-Prensa, 1987. 461p.
- PORTO, R.M. **Hidráulica básica**. 2. ed. São Carlos: EESC, 1999. 519p.
- SOARES, A.A. Características hidráulicas de microtubos Cipla e linhas laterais para irrigação por gotejamento. Viçosa, 1981. 68p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.