

PERDA DE CARGA LOCALIZADA EM CONEXÃO DE EMISSOR ON-LINE

GABRIEL GRECO DE GUIMARÃES CARDOSO¹; JOSÉ ANTÔNIO FRIZZONE²

¹Faculdade de Agronomia, Instituto Federal Goiano, Ceres, GO, gabriel.cardoso@ifgoiano.edu.br

²Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, frizzoni@esalq.usp.br

1 RESUMO

Os projetos hidráulicos de microirrigação visam quantificar as perdas de carga totais, que servem para o dimensionamento do conjunto moto-bomba mais adequado ao sistema de irrigação, minimizando os custos anuais e de implantação do projeto, bem como melhorar a uniformidade de distribuição de água na área irrigada. É muito comum contabilizar as perdas localizadas acrescentando em torno de 5%, sobre as perdas contínuas no intuito de agilizar os processos de cálculo do projeto, podendo acarretar em sub ou superdimensionamento. Esse trabalho objetivou comparar três diferentes formas de se calcular a perda de carga localizada em conexão de emissores em linha lateral de microirrigação, pelos seguintes modelos: modelo experimental, modelo geométrico e modelo de distribuição de pressão. O emissor escolhido para o teste foi o TIF-PC, com vazão de 4 L h⁻¹ e conexão on-line, da marca NaanDanJain. Os valores das perdas de carga localizada na inserção deste emissor no tubo considerado apresentaram variação entre os três modelos, com uma discrepância maior no modelo de distribuição de pressão. O modelo experimental apresentou menores valores de perda de carga em todas as vazões aferidas, seguido do modelo geométrico e de distribuição de pressão. O modelo geométrico é o que melhor apresentou consistência teórica e praticidade operacional.

Palavras-chave: irrigação localizada, emissores on-line, conexão de emissores.

**CARDOSO, G.G.C.; FRIZZONE, J. A.
LOAD LOSS IN ON-LINE EMITTER CONNECTION**

2 ABSTRACT

Hydraulic micro-irrigation projects aim at quantifying losses of total load in order to plan the most appropriate motor pump set in the irrigation system to minimize annual costs, project implementation costs, as well as to improve uniformity of water distribution in irrigated areas. It is a common practice to calculate localized losses by adding 5% to continuous losses to expedite the calculation processes of the project, which may lead to under or over dimensioning. The objective of this study was to compare three different ways of calculating load loss in emitter connections in micro irrigation lateral lines using the experimental, geometric and pressure distribution models. The TIF-PC emitter, 4 Lh-1 flow rate and the NaanDan on line connection were chosen for the test. Values of load losses located in the insertion of this emitter into the tube had some differences among the three models, with a higher variation shown in the pressure distribution model. The experimental model presented the lowest values of load loss in all tested flow rates, followed by the

geometric and pressure distribution models. Considering all models, the geometric one had the best theoretical consistency and operational practicality.

Keywords: targeted irrigation, on-line emitters, emitter connections

3 INTRODUÇÃO

O dimensionamento de uma linha lateral deve seguir critérios que permitam atingir alta uniformidade de distribuição de água. Para os emissores não compensados de pressão, a uniformidade de emissão de vazão ao longo da linha lateral depende da variação de pressão decorrente da perda de carga na tubulação, da diferença de elevação do terreno, do coeficiente de variação de fabricação do emissor, do número de emissores por ponto de emissão, da temperatura da água e do grau de obstrução dos emissores (PROVENZANO et al., 2005).

Na irrigação localizada, o uso de gotejadores ou mesmo microaspersores requerem conexões que são encaixes introduzidos dentro da linha lateral e lá permanecem, ocupando uma área interna desta linha, provocando uma perda de carga localizada. As linhas laterais, que são tubos de polietileno de diâmetros variáveis, têm a função de conduzir a água até o ponto de descarga, que é justamente nos conectores dos emissores, que por sua vez conduzirá esta água ao emissor, aplicando-a nas proximidades da planta. Porém, para que o sucesso do projeto hidráulico seja efetivo, é necessário que as perdas totais sejam corretamente calculadas, mantendo-se uma uniformidade de distribuição aceitável (CARDOSO, 2007).

É muito comum se contabilizar as perdas localizadas acrescentando em torno de 5%, sobre as perdas principais, no intuito de facilitar a determinação da altura manométrica total. Com o uso da informática, problemas de cálculos são resolvidos com muita facilidade, o que não justifica estimar e sim calcular os valores das perdas locais, que ocorrem também na inversão de emissores sobre a linha lateral (JUANA et al., 2002).

Os emissores podem ser classificados de acordo com sua posição na linha lateral, como “on-line”, “in-line” ou integrados. A introdução de emissores ao longo da linha lateral modifica o curso das linhas de fluxo, causando turbulência local que resulta em perdas de carga adicionais às perdas distribuídas no tubo. A turbulência é consequência da presença de um elemento na parede interna do tubo que causa um grau de obstrução na seção de escoamento e, nos emissores “on-line”, uma contração do tubo no local da inserção, diminuindo o diâmetro de escoamento (AL-AMOUND, 1995; BAGARELLO et al., 1997; PROVENZANO et al., 2005).

As perdas de carga com e sem emissores, são geradas por uma relação algébrica entre essas perdas e a vazão de escoamento na tubulação. Essa relação algébrica é determinada por regressão linear após serem obtidos valores em ensaio de escoamento (CARDOSO, 2007).

Al-Amound (1995) propõe que os valores de perda de carga localizados (hf_L) possam ser obtidos experimentalmente conforme equação 1, no chamado modelo experimental.

$$hf_L = \frac{hf' - hf}{N} \quad (1)$$

em que: hf_L é a perda de carga localizada em conexão de emissores (m); hf' a perda de carga na linha com emissores vedados (m); hf a perda de carga na linha lateral sem emissor (m); N o número de emissores na linha lateral.

Através de uma abordagem geométrica, segundo o modelo geométrico, Bagarello et al. (1997) caracterizou a perda de carga localizada (hf_L) na inserção de um gotejador na linha lateral (Figura 1) pela resistência à movimentação da corrente fluída oferecida pela protrusão da conexão no interior do tubo, sendo expressa pela forma clássica como uma fração K da carga cinética, obtida pelo princípio da similaridade de Reynolds (equação 2).

$$hf_L = K \frac{V_o^2}{2g} \quad (2)$$

em que: hf_L é a perda de carga localizada (m); V_o a velocidade média de aproximação da corrente fluída ($m s^{-1}$); K o coeficiente de carga cinética ou de resistência de perfil; g a aceleração da gravidade ($m s^{-2}$).

O coeficiente K depende das características geométricas da inserção do emissor e do Número de Reynolds (R). Na prática, o efeito das forças viscosas é negligenciado a partir de certo valor de R (Juana et al., 2002), podendo-se relacionar K apenas com a geometria do elemento obstrutor, uma vez que se observa aumento de seu valor com o aumento da seção transversal obstruída (BAGARELLO et al., 1997; PROVENZANO & PUMO, 2004). Aplicando-se os teoremas da conservação da energia e da conservação da massa, chega-se à Equação de Bélanger (GOMES et al., 2010) (equação 3).

$$hf_L = \frac{(V_c - V)^2}{2g} = \left(\frac{A}{A_c} - 1 \right)^2 \frac{V^2}{2g} \quad (3)$$

em que: V_c é a velocidade da água durante a passagem pelo conector ($m s^{-1}$); V a velocidade média da água ($m s^{-1}$); A_c a área de passagem da água durante a conexão do emissor (m^2); A é a área de passagem da água após a conexão do emissor (m^2).

As equações 2 e 3 representam a mesma perda de carga na conexão do emissor, portanto foram igualadas dando origem à equação 4.

$$K = \left(\frac{A}{A_c} - 1 \right)^2 \quad (4)$$

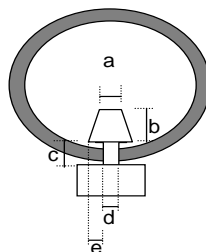
Criando um fator geométrico ($r = A_c/A$), e substituindo na equação 4, tem-se:

$$K = \left(\frac{1-r}{r} \right)^2 = IO \quad (5)$$

Na equação 5, a função do fator geométrico (r) é denominado de índice de obstrução (IO). Essa função matemática $K = f(IO)$ pode ser ajustada de forma que o coeficiente de carga cinética K , para cada conjunto tubo-conexão, pode ser estimado a partir da razão de obstrução. Bagarello et al. (1997) propôs uma relação matemática do tipo $K = \lambda IO^n$. Sugere ainda que a caracterização de um conector seja estabelecida pelo comprimento geométrico da haste e do elemento truncado de cone, de acordo com a Figura 1. O coeficiente de carga cinética é determinado por regressão linear entre a perda de carga localizada e a velocidade de escoamento do fluido, enquanto que o IO é determinado por meio das medidas geométricas do emissor no tubo, conforme Figura 1.

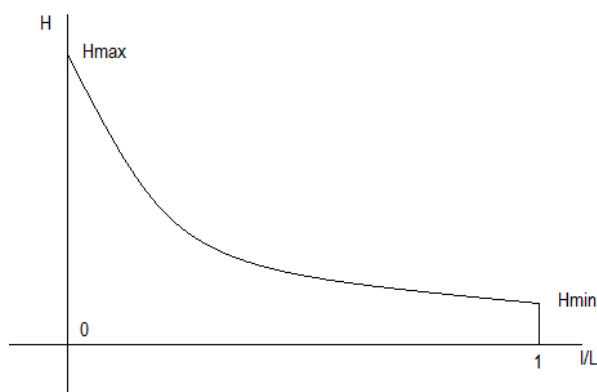
Cardoso (2007), propõem que os parâmetros da função $K = \lambda IO^\eta$ possam ser de $\lambda = 1,23$ e $\eta = 0,51$, ficando com $K = 1,23 (IO)^{0,51}$. Para o uso do modelo, faz-se necessário dados da geometria da região de encaixe do conector no tubo.

Figura 1. Dimensões características de um conector inserido na tubulação.



Por meio de um modelo de distribuição de pressão, pode-se também determinar as perdas de carga localizadas em conexão de emissores, considerando este tipo de perda como sendo um comprimento equivalente de um perfil de distribuição de pressão em uma linha lateral em nível ou aclave (AL-AMOUND, 1995). Na Figura 2 é mostrado a variação da pressão ao longo de uma linha lateral de irrigação em nível. A pressão inicial (H_{\max}), no início da linha lateral de comprimento L , sofre uma redução acelerada até a primeira metade do comprimento, continuando caindo menos acentuadamente na segunda metade até o fim da linha, onde se tem a pressão mínima (H_{\min}).

Figura 2. Perfil de distribuição de pressão em uma linha lateral de irrigação.



A diferença entre a pressão inicial e a final, caracterizam a perda de carga total da linha lateral (H_f) e a diferença de nível (ΔZ) (equação 6).

$$H_{\max} - H_{\min} = H_f \pm \Delta Z \quad (6)$$

Considerando H_f como sendo o comprimento da tubulação (L) multiplicada pela perda de carga unitária (J) e desconsiderando as múltiplas saídas, tem-se a equação 7.

$$J.L = \frac{(H_{\max} - H_{\min}) \pm \Delta Z}{F_n} \quad (7)$$

Expressando o comprimento do tubo (L) em comprimento equivalente do tubo com conectores, tem-se que $L = N(hf_{eq} + Le)$, onde N é o número de emissores na linha, hf_{eq} a perda de carga localizada equivalente a um conector e Le o espaçamento entre emissores.

Como $J = \frac{KQ^m}{D^n}$, tem-se a equação 8.

$$hf_{eq} = \frac{(Hmáx - Hmín) \pm \Delta Z}{Fn \cdot \left(\frac{KQ^m}{D^n} \right) \cdot N} - Le \quad (8)$$

em que: hf_{eq} é a perda de carga localizada expressa em comprimento equivalente (m); $Hmáx$ a pressão na entrada da linha lateral (mca); $Hmín$ a pressão no final da linha (mca); Fn é o fator de redução de perda de carga; Q é a vazão ($m^3 s^{-1}$); D o diâmetro do tubo (m); N o número de emissores; Le o espaçamento entre emissores (m); ΔZ o desnível da linha (m); m , n e K as constantes da equação de Darcy-Weisbach com f de Blasius.

Para aplicar o modelo de distribuição de pressão, devem ser conhecidas as características do emissor fornecidas pelo fabricante.

Neste trabalho, os três modelos de determinação da perda de carga localizada, modelo experimental, modelo geométrico e de distribuição de pressão, em conexão de emissores "on line" foram simulados no sentido de verificar a variação e compatibilidade entre eles, objetivando conhecer qual dos modelos prevêem com maior precisão e praticidade as perdas de carga localizada em conexão de emissores.

4 MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural – ESALQ/USP no período de 20/06/2006 a 20/07/2006. Foi utilizada uma linha de tubo de polietileno de baixa densidade, com diâmetro interno de 17,4 mm, com 16 m de comprimento entre os pontos de medição de pressão e em nível. Para a medição da pressão diferencial utilizou-se um manômetro diferencial com coluna de mercúrio e com menor divisão de escala de 1 mm de Hg. Durante os ensaios, a pressão da água na entrada do tubo variou entre 15 mca e 30 mca e a temperatura média foi de $20 \pm 2^\circ C$. A vazão foi controlada por um registro de gaveta acoplado no final da tubulação referida e medida por um medidor de vazão eletromagnético, modelo KC1000, associado a um conversor de sinais IFC010, ambos fabricados pela Controles Automáticos Ltda (CONAUT). De acordo com as informações do fabricante, esse aparelho apresenta capacidade de leitura de $2,78 \times 10^{-7} m^3 s^{-1}$ ($1 L h^{-1}$) e precisão de $\pm 0,14\%$ para vazões compreendidas entre $5,56 \times 10^{-5}$ e $5,56 \times 10^{-1} m^3 s^{-1}$ (200 a 2000 L h^{-1}). Uma bomba elétrica foi usada para impulsionar a água na tubulação a partir de um reservatório subterrâneo existente no laboratório. A seguir apresentam-se os procedimentos metodológicos utilizados para obtenção e análise dos dados em cada um dos três modelos de cálculo da perda de carga localizada.

Modelo Experimental

No modelo experimental, as leituras de pressão diferencial foram feitas entre um intervalo de tempo de 4 minutos, com três repetições, mantendo a vazão sempre crescente,

conforme Figura 3. Com a tubulação em nível, considerou-se a perda de carga no tubo como sendo a diferença de pressão entre as duas tomadas de pressão, distantes em 16 m. Os emissores foram instalados em um espaçamento de 1,0 m entre si, totalizando 15 emissores.

Na instalação, os emissores foram vedados para que não houvesse a saída de água pelos mesmos. As perdas de carga observadas, nas tubulações com e sem emissores instalados, foram analisadas em função das vazões, utilizando-se um modelo tipo potência (equação 9).

$$hf = \beta Q^n \quad (9)$$

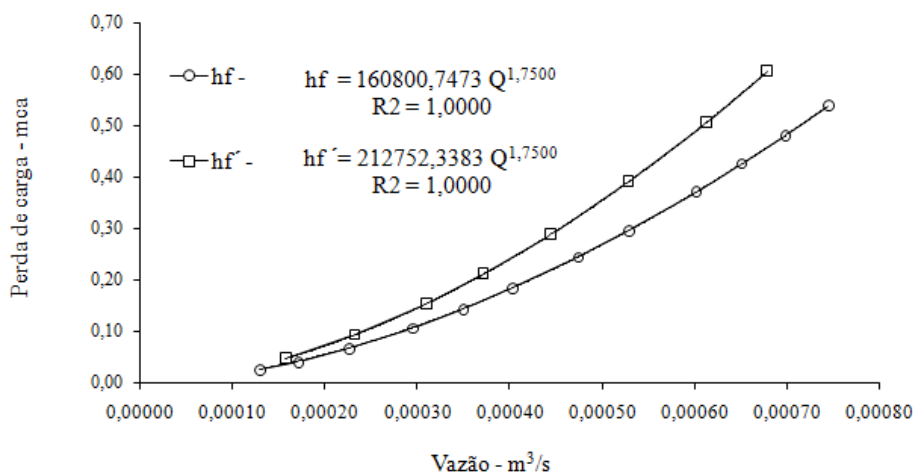
em que: hf é a perda de carga (m); Q a vazão em $m^3 s^{-1}$; β e n as constantes.

Para haver compatibilidade entre os métodos, foi ajustado a equação 9 para $n = 1,75$, ficando de acordo com a equação de Darcy-Weisbach, com f calculado por Blasius, uma vez que no modelo geométrico e no de distribuição da pressão, considera-se o fator de atrito de Blasius, com expoente igual a 1,75.

A construção da equação do modelo experimental baseou-se na regressão linear entre os valores da pressão e da vazão coletados na linha com e sem emissores, mantendo o número de Reynolds no intervalo de $4.000 \leq R \leq 100.000$, compatível com a equação de Blasius.

Na Figura 3, tem-se a equação e a curva da perda de carga continua na tubulação sem emissores (hf) e com emissores vedados (hf'). Observa-se que as equações foram ajustadas para potência igual a 1,75, compatível com a equação de Darcy-Weisbach, com f de Blasius. Observa-se que a equação de perda de carga nos tubos com emissores gera valores maiores que a equação da perda de carga contínua, para um mesmo valor de vazão, isso porque, além da perda de carga distribuída, ocorre o acréscimo da perda de carga localizada correspondentes aos encaixes dos conectores dos emissores nela instalada.

Figura 3. Perda de carga em função da vazão no tubo com e sem emissores on line.



Conforme equação apresentada por Al-Amound (1995) (equação 1), gerou-se um modelo que representa a perda de carga localizada na conexão do emissor estudado, em função da vazão, representado pela equação 10.

$$hf_L = 3463,4394Q^{1,75} \quad (10)$$

em que: hf_L é a perda de carga localizada na conexão do emissor (m); Q a vazão ($m^3 s^{-1}$).

Modelo Geométrico

Para estudo do modelo geométrico, as características geométricas do emissor utilizado foram medidas por um projetor ótico, modelo HB400-2, marca Starret Precision Optical. As características do conector (Tabela 1) são uma representação do emissor estudado (Figura 1). Na Figura 4 tem-se uma imagem real do emissor e do tubo em questão.

Tabela 1. Dimensões características do emissor utilizado no experimento.

Modelo Fabricante ¹	Click Tif-PC NaanDan
a (mm)	3,006
b (mm)	6,125
c (mm)	3,499
d (mm)	4,989
e (mm)	1,129
Vazão (L h ⁻¹)	4,000
Área Transversal (mm ²)	26,500

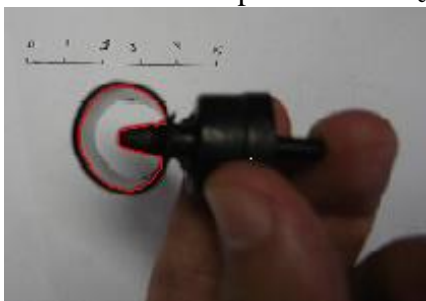
¹O uso de produtos ou marcas registradas tem a finalidade exclusiva de facilitar a compreensão.

Figura 4. Emissor Click Tif-PC instalado no tubo de 17,4 mm de diâmetro.



No modelo geométrico, determinou-se a área do tubo com conector (A_c) e sem conector (A), calculando-se o índice de obstrução (IO), obtendo-se: $A = 237,666 \text{ mm}^2$, calculada pela equação da circunferência num diâmetro de 17,4 mm e $A_c = 211,166 \text{ mm}^2$ (Figura 5), determinada pelo projetor ótico.

Figura 5. Área contornada pelo vermelho correspondendo a A_c .



$$IO = \frac{\left(1 - \frac{A_c}{A}\right)^2}{\left(\frac{A_c}{A}\right)^2} = \frac{(1 - 0,8885)^2}{0,8885^2} = 0,01575$$

Assim, a equação para o cálculo da perda de carga localizada obtido no modelo geométrico nas condições experimentais fica conforme equação 11.

$$hf_L = 1,23 \cdot (0,01575^{0,51}) \left(\frac{V^2}{2 \cdot g}\right) \quad (11)$$

Modelo de Distribuição de Pressão

Para utilizar o modelo de distribuição de pressão, fez-se necessários dados das características do emissor apresentado pelo fabricante (Tabela 2).

Tabela 2. Comprimento máximo de linha lateral em nível, em função da pressão de entrada e do espaçamento entre emissores.

Comprimento máximo da lateral (m) em nível ($\Delta Z = 0$), com 10% de variação de vazão					
Espaçamento entre emissores (cm)					
Pressão de Entrada (mca)	30	40	50	75	100
15	97	112	131	174	211
20	121	140	165	218	265
25	140	161	189	251	306
30	150	172	203	269	328

A Pressão mínima no final da linha é de 5 mca

Para que houvesse compatibilidade entre os modelos, no modelo experimental e no de distribuição de pressão, inseriu-se um emissor por metro de tubulação. Adotou-se um comprimento da linha lateral igual a 328 metros, pois a pressão no início da linha lateral, conforme Tabela 2, é de 30 mca, valor esse também compatível com o ensaio do modelo experimental, que variou de 15 a 30 mca conforme variação da vazão. Assim, os valores adotados para compor o modelo de distribuição de pressão são: $H_{m\acute{a}x} = 30$ mca; $H_{m\acute{i}n} = 5$ mca; $N = 328$; $F_n = 0,3651$; $D = 0,0174$ m; $Le = 1$ m; $\Delta Z = 0$ m. Com os valores da equação de Darcy-Weisbach e com f obtido pela equação de Blasius, tem-se: $m = 1,75$; $n = 4,75$; $K = 0,00078$. Assim, para as condições experimentais, a Equação 7 do modelo de distribuição de pressão fica conforme equação 12:

$$hf_{eq} = \frac{25}{\left(\frac{0,00078 \cdot (Q)^{1,75}}{0,0174^{4,75}}\right) \cdot 119,75} - 1 \quad (12)$$

Os modelos foram testados com vazões compatíveis entre eles, e os resultados foram avaliados pelo teste de Tukey.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos três modelos de determinação de perda de carga localizada em conexão de emissores se deu inicialmente pelo modelo experimental, seguido do modelo de distribuição e por fim o geométrico. A vazão adotada para demonstrar os valores apresentados por cada um dos três modelos, foi a correspondente ao funcionamento de 328 emissores, resultando numa vazão total na linha de $3,641 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Modelo Experimental

Pela expressão geral do modelo experimental (equação 10), e adotando a vazão de 328 emissores, tem-se o seguinte resultado de perda de carga localizada:

$$hf_L = 3463,4394 \cdot Q^{1,75}$$

$$hf_L = 3463,4394 \cdot (3,641 \cdot 10^{-4})^{1,75}$$

A perda de carga é dada por:

$$hf_L = 0,003324 \text{ mca}$$

Modelo Geométrico

Pela equação obtida do modelo geométrico (equação 11), e adotando a vazão de 328 emissores, tem-se que a velocidade média da água na tubulação é dada por:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{328 \cdot 1,11 \cdot 10^{-6}}{0,000237666} = 1,5318 \text{ m s}^{-1}$$

Resultando na seguinte perda de carga localizada:

$$hf_L = 1,23 \cdot (0,01575)^{0,51} \cdot \frac{1,5318^2}{2,9,81}$$

$$hf_L = 0,01771 \text{ mca}$$

Modelo de Distribuição de Pressão

Pela equação do modelo de distribuição de pressão (equação 12), e adotando a vazão de 328 emissores, tem-se:

$$hf_{eq} = \frac{25}{\left(\frac{0,00078 \cdot (1,11 \cdot 10^{-6} \cdot 328)^{1,75}}{0,0174^{4,75}} \right) \cdot 119,75} - 1$$

$$hf_{eq} = 0,24416 \text{ m de tubulação}$$

Como o valor calculado de hf_{eq} está em perda de carga equivalente a 0,24416 metros tubulação de 17,4 mm, a perda de carga correspondente a essa metragem é dada por:

$$hf_L = 0,04096 \text{ mca}$$

Assim, para a uma vazão na linha lateral de $3,641 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, resultou numa perda de carga localizada na conexão do emissor Click Tif-PC no tubo de 17,4 mm igual a 0,003324; 0,01771 e 0,04096 mca para os respectivos modelos experimental, geométrico e de distribuição de pressão. Com esses resultados, observa-se que valores distintos de perda de carga localizada podem ser encontrados conforme o modelo adotado para calculá-lo. O

modelo geométrico apresenta uma perda de carga 43,23 % menor que o modelo experimental e 18,77 % maior que o de distribuição de pressão.

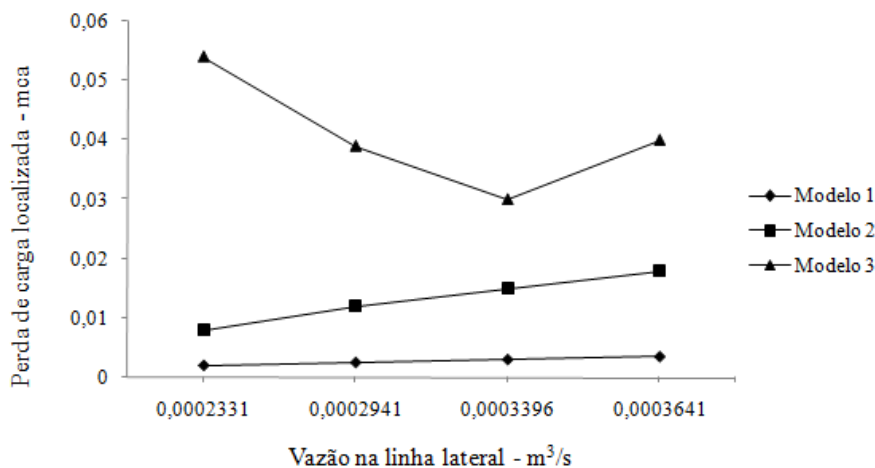
Simulando o mesmo procedimento de cálculo anterior para quatro diferentes vazões, correspondentes a 210, 265, 306 e 328 emissores, tem-se os seguintes resultados de perda de carga localizada, conforme Tabela 3. Houve diferença significativa entre todos os valores da perda de carga localizada do modelo de distribuição de pressão para os valores dos outros dois modelos. Não houve diferença significativa entre os valores dos modelos 1 e 2 para nenhuma vazão.

Tabela 3. Perda de carga localizada (mca) na conexão do emissor para diferentes vazões e modelos de determinação.

Modelos	Vazões experimentais (m^3s^{-1})			
	0,000233	0,000294	0,00034	0,000364
1	0,0020	0,0025	0,0030	0,0035
2	0,0080	0,0120	0,0150	0,0180
3	0,0540	0,0390	0,0300	0,0400

A Figura 6 mostra a variação da perda de carga localizada em relação à essas vazões apresentadas na Tabela 3 para os três modelos. Pela análise geométrica da Figura 6, observa-se que o modelo 3 é teoricamente inconsistente, já que não segue a tendência de aumento da perda de carga com o aumento da vazão. Os modelos 1 e 2 estão coerentes com a teoria que afirma que a perda de carga aumenta com o aumento da vazão, tendo fundamento teórico para seu uso. Outra desvantagem do modelo 3, é a necessidade de tabelas de ensaio do fabricante, tabela essa que são pouco confiáveis por não disporem das condições do ensaio de como foram geradas. Apesar da simplicidade de cálculo do modelo 3, Al-Amound (1995) recomenda que o mesmo não pode ser generalizado, ou seja, é um modelo que calcula a perda de carga localizada apenas para a combinação tubo-emissor na qual foi gerado, impossibilitando seu uso para tubos de diferentes diâmetros ou de diferentes modelos de conexões de emissores. Desta forma, vê-se que o modelo 2 atende tanto a teoria, de que a perda de carga aumenta com o aumento da vazão, quanto a prática, devido sua capacidade de calcular a perda de carga para qualquer combinação de diferentes diâmetro de tubo com modelos distintos de conectores de emissores.

Figura 6. Variação da perda de carga localizada em função da vazão, para os três modelos.



6 CONCLUSÕES

Houve diferença significativa entre a perda de carga localizada calculada pelo modelo de distribuição de pressão em relação aos valores dos outros dois modelos. Não houve diferença significativa entre os valores dos modelos experimental e geométrico;

O modelo experimental apresentou menores valores de perda de carga em todas as vazões aferidas, seguido do modelo geométrico e de distribuição de pressão;

O modelo geométrico apresentou maior consistência teórica e praticidade operacional. Os valores gerados por ele ficaram entre os resultados encontrados pelos dois outros modelos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-AMOUND, A. I. Significance of energy losses due to emitter connections in trickle irrigation lines. **Journal of Agriculture Engineering Research**, Silsoe, v. 60, n. 1, p. 1-5, 1995.

BAGARELLO, V.; FERRO, V.; PROVENZANO, G.; PUMO, D. "Evaluating pressure losses in drip-irrigation lines. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 123, n. 1, p. 1-7, 1997.

CARDOSO, G. G. G. **Índice geométrico na determinação da perda de carga localizada em conexão de emissores sobre tubos de polietileno de pequenos diâmetros**. 2007. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

GOMES, A. W. A.; FRIZZONE, J. A.; RETTORE NETO, O.; MIRANDA, J. H. Perda de carga localizada em gotejadores integrados em tubos de polietileno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, p. 435-446, 2010.

JUANA, L.; RODRIGUES-SINOBAS, L; LOSADA, A. Determining minor head losses in drip irrigation laterals. I: Methodology. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 128, n. 6, p. 376-384, 2002.

PROVENZANO, G.; PUMO, D. Experimental analysis of local pressure losses for microirrigation laterals. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 130, n. 4, p. 318-324, 2004.

PROVENZANO, G.; PUMO, D.; Di DIO, P. Simplified procedure to evaluate head losses in drip irrigation lateral. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 131, n. 6, p. 525-532, 2005.