

DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA EM TUBO DE PVC E COMPARAÇÃO NAS EQUAÇÕES EMPÍRICAS

CAVALCANTI, R.A.¹; CRUZ, O.C.²; BARRETO A.C.²

¹Graduando do Curso Superior de Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Bolsista CEMIG S/A, IFTM Campus Uberaba, MG; e-mail: renatoa.cavalcanti@hotmail.com

²Prof. IFTM Campus Uberaba, MG; e-mail: othon@iftringulo.edu.br; barreto@iftriangulo.edu.br

RESUMO

Nas tubulações de recalque as perdas de carga são de suma importância uma vez que têm influência direta no dimensionamento hidráulico em um sistema de irrigação, principalmente no que tange as linhas de distribuição. Pesquisadores e técnicos da área de irrigação utilizam de equações empíricas propostas em literatura afins para quantificar essas perdas de cargas. Entretanto, para uma estimativa mais precisa deste parâmetro, recorre-se a determinação por equipamentos propícios, como manômetros diferenciais. Em função disso realizou-se este trabalho no Laboratório de Hidráulica do Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba. Foram analisadas 6 equações, denominadas empíricas, comparando-as com a perda de carga determinada em manômetro diferencial tipo coluna de mercúrio em “U”. A realização dos ensaios com a variação da vazão em cada situação possibilitou a obtenção de gráficos que permitiram a comparação das equações propostas. Com isso pode-se concluir que as equações empíricas apresentadas nas literaturas superestimavam as perdas de cargas determinadas em manômetros diferenciais.

Palavras-chave: dinâmica do fluido, perda de energia, regime de escoamento.

INTRODUÇÃO

O líquido ao se escoar através de uma canalização sofre certa resistência ao seu movimento, em razão do efeito combinado da viscosidade e inércia. Essa resistência é vencida pelo líquido em movimento, mediante uma dissipação de parte de sua energia disponível ao que, comumente, se chama de perda de energia, especialmente “Perda de Carga”. Sempre que um líquido escoar no interior de um tubo de um ponto para outro, haverá uma certa perda de energia. Segundo Streeter e Wylie, 1984, citados por Melo (2000), o termo perda de carga é usado como sendo parte da energia potencial, de pressão e de velocidade que é transformada em outros tipos de energia, tal como o calor durante o processo de condução de água. A perda de energia ocorre devido ao atrito com as paredes do tubo e devido à viscosidade do líquido em escoamento. Quanto maior for a rugosidade da parede da tubulação, isto é, a altura das asperezas, maior será a turbulência do escoamento e logo, maior será a perda de carga. As canalizações não são constituídas exclusivamente por tubos retilíneos e de mesmos diâmetros. As perdas por resistência ao longo dos condutos são ocasionadas pelo movimento da água na

própria tubulação. Azevedo Netto (1998) admite que essa perda seja uniforme em qualquer trecho de uma canalização de dimensões constantes, independentemente da posição da canalização, por isso são chamadas de perdas contínuas. De acordo com Carvalho (2003), existem inúmeras fórmulas para o cálculo da perda de carga em tubulações, dentre elas destaca-se a equação de Darcy-Weisbach, denominada de Equação Universal para o cálculo de perda de carga, a qual pode ser expressa pela Equação 01.

$$hf = 0,0826 * f * \frac{Q^2}{D^5} * L \quad (1)$$

em que: D - Diâmetro Interno (m);
 hf - Perda de carga (m.c.a.); Q - Vazão (m³ s⁻¹); e,
 f - Coeficiente de atrito (adimensional); L - Comprimento da tubulação (m);

O coeficiente de atrito(f) da equação de Darcy-Weisbach pode ser determinado pela Equação 2, proposta por Swamme:

$$f = \left\{ \left(\frac{64}{Rey} \right)^8 + 9,5 \left[\ln \left(\frac{e}{3,7 * D} + \frac{5,74}{Rey^{0,90}} \right) - \left(\frac{2500}{Rey} \right)^6 \right]^{-16} \right\}^{0,125} \quad (2)$$

em que:
 f - Coeficiente de Atrito (adimensional); D - Diâmetro Interno (m); e,
 Rey – Número de Reynolds, determinado pela seguinte equação:

$$Rey = \frac{v * D}{\gamma} \quad (3)$$

em que: D - Diâmetro Interno (m); e,
 v - Velocidade do fluido (m s⁻¹); γ - Viscosidade cinemática (m² s⁻¹).

Outras equações (4,5,6,7 e 8) denominadas empíricas e comumente utilizadas para expressar a perda de carga em tubulações são apresentadas a seguir:

Equação de Hazen-Williams:

$$hf = 10,643 * Q^{1,85} * C^{-1,85} * D^{-4,87} * L \quad (4)$$

em que: C - Coeficiente de atrito (adimensional);
 hf - Perda de carga (m.c.a.); D - Diâmetro Interno (m); e,
 Q - Vazão (m³ s⁻¹); L - Comprimento da tubulação (m).

Equação de Flamant:

$$hf = 4 * b * v^{1,75} * D^{1,25} \quad (5)$$

em que: hf - Perda de arga (m.c.a.);

b - Coeficiente de atrito (adimensional)

D - Diâmetro Interno (m);

v - Velocidade ($m\ s^{-1}$); e,

Equação de Fair-Whipple-Hsiao:

(6)

$$hf = 0,000874 * \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} * L$$

em que:

D - Diâmetro Interno (m); e,

hf - Perda de carga (m.c.a);

L - Comprimento da tubulação (m).

Q - Vazão ($m^3\ s^{-1}$);

Equação de Manning:

$$hf = 6,36 * \frac{N^2 * v^2}{D^{1,33}} * L$$

(7)

em que:

v - Velocidade ($m\ s^{-1}$);

hf - Perda de carga (m.c.a);

D - Diâmetro Interno (m); e,

N - Coeficiente de atrito (adimensional)

L - Comprimento da tubulação (m).

Equação de Scoobey:

$$hf = \left(\frac{Ks}{387} \right) * \left(\frac{1}{D^{1,33}} \right) * v^{1,9} * L$$

(8)

em que:

v - Velocidade ($m\ s^{-1}$);

hf - Perda de Carga (m.c.a);

D - Diâmetro Interno (m); e,

Ks - Coeficiente de atrito (adimensional)

L - Comprimento da tubulação (m).

De acordo com Porto (2004), para a maioria das tubulações, acessórios ou conexões utilizadas em instalações hidráulicas, não existe um tratamento analítico para o cálculo da perda de carga desenvolvida. Trata-se de um campo eminentemente experimental, pois a avaliação de tais perdas depende de fatores diversos e de difícil quantificação. O uso de equações generalizadas de perda de carga torna-se uma tarefa difícil, uma vez que essas perdas dependem de diversos fatores. O presente trabalho objetivou-se determinar as perdas de cargas produzidas em tubulações de PVC utilizando manômetro diferencial e compará-las com as perdas de cargas determinadas com uso de equações empíricas, apresentando gráficos e modelos matemáticos que relacionem a perda de carga ocorrida no tubo em função de diferentes vazões.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no laboratório de hidráulica do Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba - MG. A bancada de teste constou de um reservatório de 5000

litros, um conjunto moto-bomba Schneider de 15cv com uma tubulação de 35 mm, acoplado aos manômetros diferenciais. Para a variação das vazões (4 a $11 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) utilizou-se o controle de abertura do registro de gaveta instalado na saída do conjunto motobomba. As medições de vazão no sistema foram obtidas mediante o auxílio de uma placa de orifício de 20 mm, previamente calibrada e conectada ao sistema onde se permitia a passagem de até $12 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Foram realizadas seis variações de vazões com três repetições para cada teste. Para a determinação da perda de carga foram inseridos colares de tomadas de pressão na tubulação a uma distância de 10 metros. As perdas de carga ocasionadas no trecho entre as inserções dos colares de tomada de pressão foram obtidas por meio do diferencial de pressão, utilizando um manômetro de coluna de mercúrio em “U”, conforme Figura 1. Em cada situação colocada em teste, geraram-se planilhas, envolvendo dados de: vazão, velocidade, diâmetro interno, número de Reynolds, coeficiente de atrito, perda de carga total no trecho, verificada no manômetro diferencial e as equações empíricas apresentadas. Assim sendo, com o auxílio de uma planilha eletrônica, obtiveram-se os valores das perdas de cargas na tubulação para as vazões propostas neste trabalho. De acordo com os procedimentos seguidos na bancada de teste, os valores de perda de carga foram simulados para um comprimento de tubo de 100 metros.

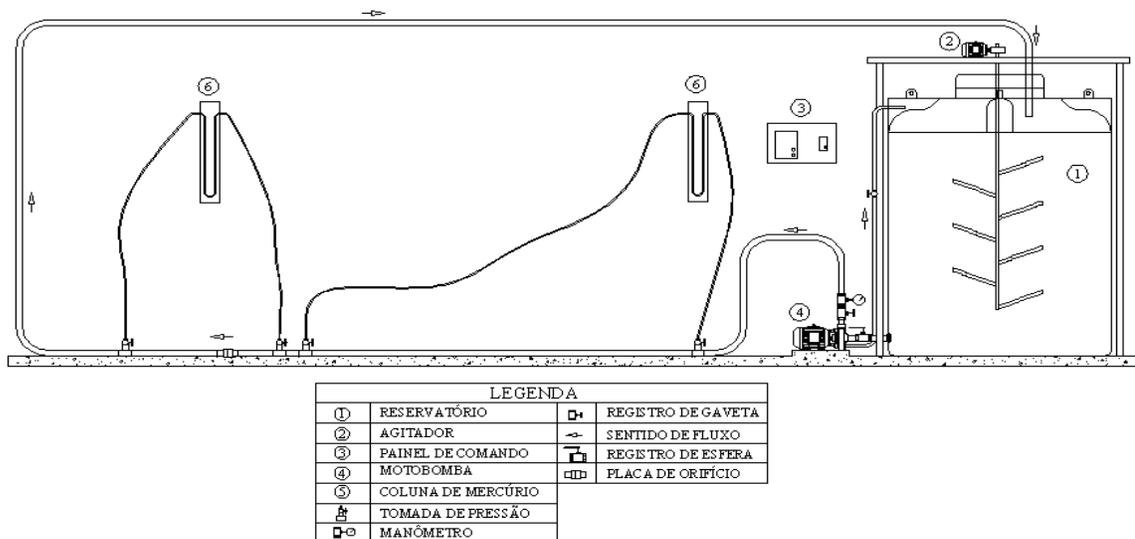


Figura 1. Bancada de teste no laboratório de hidráulica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pela Figura 2 verifica-se que a perda de carga ocasionada no tubo de PVC de 35 mm aumentou com acréscimo da vazão apresentando um modelo potencial que relaciona o

diferencial de pressão determinado na coluna em U com a vazão determinada pela placa de orifício, possibilitando determinar a partir deste diferencial a perda de carga real ocorrida o trecho.

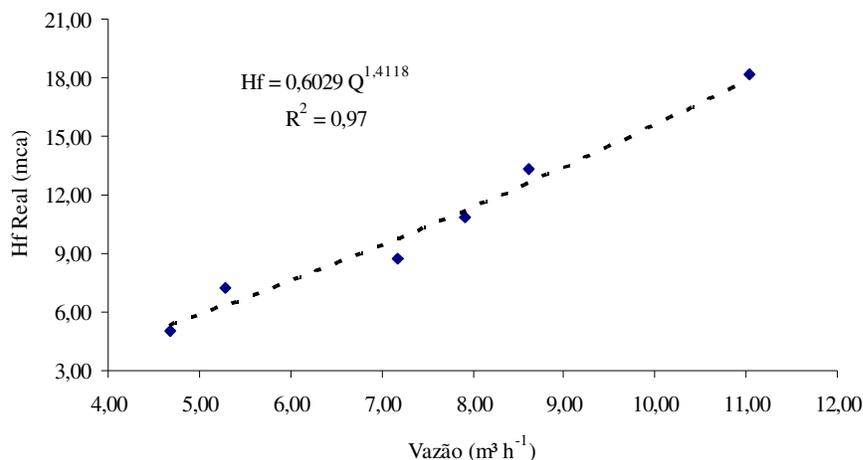


Figura 2. Perda de carga provocada em tubo de PVC (DN 35 mm) determinada em coluna de mercúrio em “U”

Percebe-se pela Figura 3 que as equações empíricas superestimaram os valores de perda de carga determinado pela coluna de mercúrio em “U” (considerado como Hf Real) com o aumento da vazão. Verifica-se ainda na Figura 3 que com o acréscimo da vazão (acima de $7\text{m}^3\text{ h}^{-1}$), conseqüentemente, aumento da velocidade do fluxo, a perda de carga tende a ser invariavelmente elevada, ocasionando um regime de turbulência gerado pela situação.

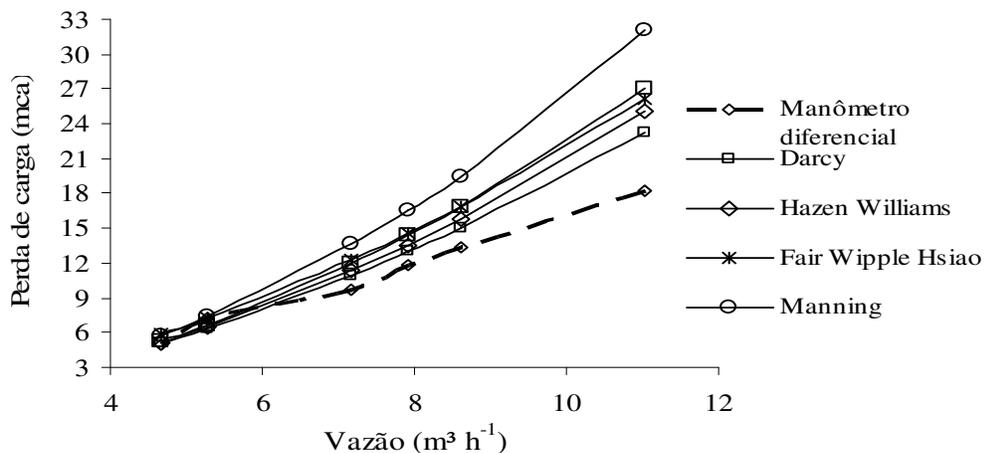


Figura 3. Comparação da perda de carga determinada no manômetro diferencial com as equações empíricas.

De acordo com os resultados apresentados anteriormente, registra-se que houve uma notável variabilidade entre as equações empíricas de determinação de perda de carga.

CONCLUSÃO

A perda de carga determinada no tubo de PVC (DN 35 mm) foi superestimada pelas equações empíricas, principalmente a partir da vazão aproximada de $7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Manual de Hidráulico**. 8ª edição. Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo-SP, 1998. 669p.

CARVALHO, J. de A. **Instalação de Bombeamento para Irrigação**. Ed. - UFLA/FAEPE. 2003. 230p.

MELO, L. J. V.; SILVA, E. L.; FARIA, M. A. de. Perda de carga em conectores utilizados em sistemas de irrigação localizada. **Revista: Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 24, n. especial, p. 205-214, 2000.

PORTO, R. de M. **Hidráulica Básica**. 3ª ed. São Paulo: EESC – USP, 2004. 540p.