

## COMPRIMENTO EQUIVALENTE E FATOR K DE CURVAS DE 90° DE COMPRESSÃO

Eusímio Felisbino Fraga Júnior<sup>1</sup>, André Luís Teixeira Fernandes<sup>2</sup>

**RESUMO:** Os conhecimentos científicos de processos físicos que envolvem a condução de água para irrigação devem ser profundamente estudados, evitando possíveis simplificações que podem acarretar em erros de dimensionamento hidráulico e energético. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo determinar as perdas de carga localizadas produzidas por curva de 90° do tipo compressão para diferentes diâmetros, gerando gráficos e modelos de equações de perdas de carga em função de diferentes vazões. Para tanto foi realizado um ensaio que consistia em determinar a perda de carga gerada entre dois pontos sob diferentes diâmetros de curvas de 90° (63, 50, 40, 32 e 25 mm). Como resultados constatam-se que o aumento da vazão influencia substancialmente na determinação da perda de carga localizada nas curvas de 90°, em seus diferentes diâmetros. O fator k diminui com o aumento do diâmetro de ambas as peças avaliadas e o comprimento equivalente ( $L_{eq}$ ) aumenta com o crescimento da seção (diâmetro).

**PALAVRA-CHAVE:** Irrigação localizada, compressão, hidráulica.

## DETERMINING FACTOR KE EQUIVALENT LENGTH OF REDUCTION OF COMPRESSION

**SUMMARY:** Scientific knowledge of physical processes that involve the conveyance of water for irrigation should be studied thoroughly, avoiding possible simplifications that can lead to errors in the hydraulic and energetic. Thus, this study aimed to determine the localized head losses produced by curve 90 of the compression type for different diameters, generating graphical models and equations of pressure drop for different flow rates. For such a test that was conducted was to determine the pressure drop generated between two points under different diameters of 90 ° bends (63, 50, 40, 32 and 25 mm). The results suggested that the increase of flow substantially influences in determining the amount of local losses in the 90 ° bends in their different diameters.

---

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando em Irrigação e Drenagem, Departamento Engenharia de Biosistemas - ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, Laboratório de Solos, Sala nº 4, Piracicaba - SP 13418-900. e-mail: eusimio@ymail.com

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Dr. Universidade de Uberaba/Faculdades Associadas de Uberaba, Fone: (0XX34) 3319 8963, andre.fernandes@uniube.br

The factor  $k$  decreases with increasing the diameter of both pieces evaluated and equivalent length ( $L_{eq}$ ) increases with the growth of the section (diameter).

**KEYWORDS:** Located irrigation, compression, hydraulic.

## INTRODUÇÃO

A adoção de métodos eficazes na agricultura contemporânea visa, dentre outras coisas, a otimização do sistema produtivo voltado para a eficiência e manejo das propriedades rurais. Quanto à irrigação das áreas agrícolas, constata-se que são inúmeras as inovações que surgem, possibilitando assim, uma incomensurável gama de mecanismos aptos para atingir tal objetivo. Entretanto, algumas inovações não apresentam informações específicas que estão intrinsecamente relacionadas à produtividade e eficácia do sistema adotado. Neste sentido, um fator importante nos sistemas de irrigação, de um modo geral é o conhecimento das perdas de carga ocorridas ao longo do sistema instalado, podendo surgir inadequações quanto ao manejo adotado. Existem inúmeros dados experimentais para perdas de carga localizadas, mas especificamente para conexões para tubos de polietileno muito pouco tem se encontrado. A determinação da perda de carga nas singularidades (conexões) para o dimensionamento de um sistema de irrigação é um aspecto relevante, principalmente levando em conta que essas perdas podem ser elevadas (CARVALHO et al., 1997). Sendo assim, este trabalho tem por objetivo geral determinar as componentes de estimativa de perda de carga localizada: o fator “ $k$ ” e o “comprimento equivalente” das conexões.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia Aplicada das Faculdades Associadas de Uberaba – FAZU/Uberaba, dependências do Núcleo de Excelência em Engenharia de Alimentos (NEEA), coordenadas geográficas (19° 03’ 52” Latitude Sul e 48° 08’ 52” Longitude Oeste). Para a avaliação das peças, construiu-se uma bancada de testes, onde se montou um sistema para determinação da perda de carga localizada. Foram analisadas cinco curvas de 90° de compressão para tubos de polietileno (63 mm, 50 mm, 40 mm, 32 mm e 25 mm), sendo que as peças foram avaliadas individualmente, com 3 unidades de cada modelo. Em cada peça foi realizado a instalação de 2 (dois) colares de tomada de pressão,

montante e à jusante do fluxo, seguindo a metodologia proposta por Delmée (1999), para que fosse realizada a avaliação do diferencial de pressão no trecho. As variações de vazão foram controladas através da abertura do registro de gaveta instalados nas saídas das bombas e as medições de vazão no sistema foram obtidas mediante o auxílio de três placas de orifício (10, 20 e 30 mm) previamente calibradas, donde sua utilização variava em função da vazão desejada na bancada de teste. A placa utilizada foi conectada a um tubo de PVC de 25 ou 50 mm onde, permitia-se a passagem de até  $30 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . A calibração de cada placa de orifício utilizada (10, 20 e 30 mm) foi feita por meio de correlações entre as vazões obtidas na saída da tubulação pelo método direto. As vazões analisadas foram aquelas que provocaram um diferencial de pressão entre 370 mm e 1040 mm na coluna mercúrio. Foram efetuadas 6 medidas de variação de diferencial entres estes valores e três repetições para cada determinação de vazão. De posse dos valores observados e do uso de uma planilha eletrônica foi possível correlacionar os diferenciais de pressão e as vazões, permitindo o ajuste de uma equação que melhor representou a calibração da placa.

A determinação das perdas de carga totais nos trechos entre as inserções dos colares de tomada de pressão foram obtidas através do diferencial de pressão, utilizando manômetro de coluna de mercúrio em “U”, sendo que foram feitas 3 repetições das leituras de perda de carga no manômetro simultaneamente. As perdas de carga contínuas relativas aos trechos à montante e a jusante das curvas de  $90^\circ$ , foram obtidas por meio da equação de Darcy-Weisbach.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com os resultados das vazões e dos referidos diferenciais de pressão coletados, efetuou-se uma correlação entre os valores para as 3 placas de orifício utilizadas. Na Tabela 1, com base no ajuste das equações, observa-se que o modelo de equação se aproxima bem aos dados observados apresentando excelentes coeficientes de correlação para as três placas utilizadas para modelo potencial. A placa de orifício de 10 mm atua nas vazões entre  $0,6$  e  $2,75 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , sendo que sua equação de ajuste de modelo potencial apresentou correlação de 99,95 %. Na placa de 20 mm foi verificado 99,58 % de correlação para a equação de ajuste criada, sendo que a mesma atua no intervalo de vazão entre  $3,7$  e  $13 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Com 30 mm de diâmetro, a placa de orifício mede vazões entre  $14$  e  $36 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , sendo que com os dados coletados, sua equação de ajuste tem um índice de confiabilidade de 99,40 % (HOPKINS, 2007).

TABELA 1. Vazão mínima, máxima, equação de ajuste e correlação das placas utilizadas para determinação da vazão no sistema

Placa (mm)	Q <sub>min</sub> (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	Equação de ajuste	R <sup>2</sup>
10	0,6	2,7	$Q = 0,2883 dp^{0,5053}$	0,999
20	3,7	13,0	$Q = 1,2677 dp^{0,5100}$	0,996
30	14,0	36,0	$Q = 3,6166 dp^{0,4972}$	0,994

#### Fator k nas conexões de curva de 90°

Na Tabela 2 são apresentados resultados obtidos de fator k, para a conexão curva de 90° em seus diferentes diâmetros, correlacionados com os respectivos desvios padrões.

TABELA 2 – Média, variância e desvio padrão (s<sup>2</sup>) dos valores de k para as conexões curva de 90°

Curva de 90°	Fator k		
	Média (X)	Variância	s <sup>2</sup>
25 mm	1,7660	0,0241	0,1551
32 mm	1,6250	0,0552	0,2350
40 mm	1,1102	0,0076	0,0870
50 mm	1,4438	0,0294	0,1714
63 mm	0,8540	0,0624	0,2498

Ao analisar as médias obtidas para os diferentes diâmetros de curva de 90° verifica-se uma tendência a diminuição do coeficiente k em função do aumento do diâmetro do tubo. Porém, esta tendência não foi observada na peça de diâmetro de 50 mm. Este resultado levanta a questão debatida por MELLO et al. (2001), pois a literatura atualmente disponível correlaciona somente o coeficiente de perda de carga localizada para a peça avaliada, desprezando sua variação de seção.

Comparando com o fator k de 0,4, disponível na literatura (CARVALHO et al., 1997) para curva de 90° fabricada com material de PVC, podemos considerar um grande acréscimo de perda de carga localizada para conexões de compressão. É válido ressaltar, que o exposto é para outro tipo de material e não foi considerado a variação de seção.

Deve-se ressaltar, que para curva de 90° de diâmetro de 25 mm foi verificado um índice de correlação aceitável, segundo HOPKINS (2007), para a criação de uma equação de ajuste

de modelo potencial, gerando um poder de acerto de 86,54% para a equação criada ( $y = 1,9982x^{-0,195}$ ).

### **Comprimento equivalente nas conexões de curva de 90°**

Na Tabela 3 são descritos os valores estatísticos para o comprimento equivalente de perda de carga localizada para curvas de 90° em diferentes diâmetros do tipo compressão.

TABELA 3 – Média, variância e desvio padrão ( $s^2$ ) de comprimento equivalente para as conexões curva de 90°

<b>Curva de 90°</b>	<b>Leq (m)</b>		
	<b>Média (X)</b>	<b>Variância</b>	<b><math>s^2</math></b>
25 mm	1,5709	0,0022	0,0465
32 mm	1,8750	0,0655	0,2560
40 mm	2,2067	0,0653	0,2554
50 mm	3,6363	0,0461	0,2148
63 mm	3,2760	0,0928	0,3047

O valor do comprimento equivalente à perda de carga localizada em curva de 90° foi crescente a medida que foi aumentado o diâmetro da seção das mesmas, onde foi obtido o menor valor no diâmetro de 25 mm, 1,57 metros de comprimento equivalente de diâmetro de 25 mm de polietileno PEMD e o maior comprimento obtido: 3,27 metros de comprimento equivalente de diâmetro de 63 mm, foi relacionado a curva de 90° de diâmetro de 63 mm.

Estes resultados, para a curva de 90° reafirmam o tema debatido por MELLO et al. (2001), afirmando importante a realização de estudos que considerem a variação do diâmetro do tubo para a determinação dos coeficientes ( $k$  e  $Leq$ ) para a estimativa da perda de carga localizada.

AZEVEDO NETTO et al. (1998), apresenta comprimentos equivalentes para curva de 90° em diferentes diâmetros, sendo os mesmos compatíveis com os observados neste estudo, considerando a variação do seção interna dos tubos e variação de material de fabricação.

### **CONCLUSÃO**

O fator  $k$  diminui com o aumento do diâmetro de ambas as peças avaliadas.

O comprimento equivalente (Leq) aumenta com o crescimento da seção (diâmetro) da curva de 90° e reduções.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO NETTO, J. M. de; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M.; ARAUJO, R. de; ITO, A.E. **Manual de Hidráulica**, 8 ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1998. 669p.
- CARVALHO, J. M. ; BARRETO, A. C. ; CRUZ, O. C. ; FARIA, M. A. de ; CARVALHO, J. A. Perda de carga em curvas conjugadas de saída de bomba. **In: Anais...XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 1997, Campina Grande – PB.
- COUTINHO, F. M. B.; et al. Polietileno: Principais tipos, propriedades e aplicações. Polímeros: **Ciência e Tecnologia**, vol. 13, nº 1, p 1-13, 2003.
- DELMÉE, G. J. **Manual de medição de vazão**. 2. ed. São Paulo- Ed. Blücher, 1999, 476 p.
- HOPKINS, W. G. **Correlation Coefficient**. Disponível em:  
<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>. Acesso: 04 nov. 2007.
- MELLO, C. R.; et al. Equações para estimativa do comprimento equivalente das principais conexões de tubulações de sucção em instalações de bombeamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n.2, p-127-134, mai, 2001.
- OLIVEIRA, F. G.; RESENDE, P. R. N. **Perda de carga em reduções concêntricas para diferentes diâmetros e diferentes vazões**. 2007. 31f. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em Irrigação e Drenagem) – Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET, Uberaba, 2007.