

DETERMINAÇÃO DE EQUAÇÕES DE PERDA DE CARGA CONTÍNUA PARA TUBULAÇÕES DE AÇO ZINCADO CONDUZINDO ÁGUA RESIDUÁRIA DE AVICULTURA

J.A.R de SOUZA¹; R.O. BATISTA²; D.A. MOREIRA³; F.F. CUNHA³;
M.R.VICENTE³; D.C. FERREIRA⁴; R.OLIVIERA BATISTA⁵

RESUMO – Objetivou-se determinar equação para o cálculo da perda de carga contínua em tubulações de aço zincado conduzindo água e água residuária de avicultura (ARA). Para tanto, utilizou-se ARA em seis concentrações de sólidos totais (0,26; 0,46; 0,73; 0,94; 1,63 e 2,89 dag L⁻¹) e tubulações comerciais de aço zincado nos diâmetros comerciais de 50 a 150 mm, nas quais determinaram-se a perda de carga por meio de quatro piezômetros. Os resultados indicaram que as equações empíricas ajustadas com a aplicação das metodologias de Duffy & Titchener e Hazen-Williams modificada, apresentaram bons ajustes, sendo recomendada sua aplicação no dimensionamento de projetos com tubulações de aço zincado.

PALAVRAS-CHAVE: água residuária, sólidos totais, perda de carga.

HEAD LOSS EQUATION FOR ZINCED STEEL PIPELINES CONDUCTING WASTEWATER FROM POULTRY

ABSTRACT - It objectified determine equation for the calculation of the continuous head losses in zined steel pipes conducting water and wastewater from poultry (PW). For so much, it used PW in six concentrations of total solid (0,26; 0,46; 0,73; 0,94; 1,63 and 2,89 dag L⁻¹) and commercial pipes of zined steel in the commercial diameters from 50 to 150 mm, in which they determined the head losses by means of four piezometers. The results indicated that the empiric equations adjusted with the methodologies application of Duffy & Titchener and Hazen-Williams modified, they presented good adjustment, being recommended its application in the projects measurement with zined steel pipes.

KEYWORDS: wastewater, total solids, head loss.

¹ Engº Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Av. P. H. Rolfs s/n, CEP: 36570-000, Viçosa, MG. Fone: (31)3899-2715 e-mail: jarstec@yahoo.com.br;

² Doutor em Eng. Agrícola, DEA/UFV;

³ Doutorando em Eng. Agrícola, DEA/UFV;

⁴ Mestre em Eng. Agrícola, DEA/UFV;

⁵ Mestrando em Eng. Agrícola, DEA/UFV.

INTRODUÇÃO

Existem diversas fórmulas que estimam a perda de carga contínua em condutos forçados com seção circular e área constante. De acordo com Duffy (1976), os métodos de avaliação dessa perda de carga são agrupados em correlações gráficas, equações empíricas e equações que estimam o fator de atrito, sendo as duas últimas as mais utilizadas e de maior precisão, devido à facilidade de acesso ao computador.

Sampaio et al. (2000, 2001) concluíram que os métodos de estimativa da perda de carga baseados na equação universal não apresentaram bons ajustes, principalmente quando se utiliza o número de Reynolds generalizado. Os referidos autores afirmaram também que as equações empíricas, obtidas com as metodologias de Duffy e Titchener (1974) e Hazen-Williams modificada para as águas residuárias (que relacionam a perda de carga com vazão, diâmetro, coeficiente de rugosidade e concentração de sólidos totais), apresentaram bons resultados, com coeficientes de determinação superiores a 98%, podendo-se recomendar sua utilização para dimensionamento de projetos hidráulicos pressurizados.

Neste trabalho, teve-se por objetivo ajustar uma equação para cálculo da perda de carga contínua em tubulações de aço zincado, conduzindo água residuária de avicultura (ARA), em diferentes concentrações de sólidos totais.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG. A perda de carga contínua foi determinada em tubulações de aço zincado com diâmetros internos de 73,54; 99,83; 125,24 e 150,43 mm, conduzindo água e água residuária de avicultura (ARA) em seis diferentes concentrações de sólidos totais (0,26; 0,46; 0,73; 0,94; 1,63 e 2,89 dag L⁻¹).

Foi montado um sistema constituído de três reservatórios interligados entre si por meio de tubulações de ferro galvanizado de 155,58 mm de diâmetros: no reservatório inferior, eram obtidas as diferentes concentrações de ARA por meio de adição e misturas sucessivas de esterco a um volume inicial de 10 m³ de água potável, o qual era bombeado para o reservatório superior; no reservatório intermediário, cuja função era de receber o excesso de líquido do reservatório superior, conduzindo-o para o reservatório inferior; o reservatório superior era dotado de agitador e desnível de 4,5 m em relação às linhas de ensaio, onde o

líquido era homogeneizado e conduzido por gravidade em direção às linhas de ensaio e, posteriormente, ao reservatório inferior, fechando-se o ciclo.

A perda de carga foi medida nas linhas de ensaio num trecho útil de 18 m de tubulação, por meio de 4 piezômetros, os quais eram constituídos de mangueiras de 20 mm de diâmetro, distanciados 6 m ao longo da tubulação.

A vazão dos fluidos circulantes foi medida por meio de diafragma previamente calibrado, instalado na tubulação derivada do reservatório superior.

A partir dos dados de perda de carga (J), concentração de sólidos totais (ST), vazão (Q) e diâmetro (D), estimaram-se os coeficientes do modelo de Sampaio (2000, 2001), Duffy & Titchener (1974) e Hazen-Williams modificado, utilizando-se o procedimento de regressão não-linear (Gauss Newton).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das análises física e química da água e da água residuária de avicultura (ARA). Observa-se que os valores de sólidos sedimentáveis e de peso específico da ARA aumentaram com a concentração de sólidos totais. A viscosidade aparente (η) de todas as concentrações ARA apresentaram-se menores que a da água limpa.

Tabela 1 - Valores das características física e química da água limpa e água residuária de avicultura (ARA).

Característica / fluido circulante	Água				ARA			
ST (dag L ⁻¹)	0,01	0,26	0,46	0,73	0,94	1,63	2,89	
SD (mL L ⁻¹)	<0,1	14	27	52	81	173	297	
γ (kgf m ⁻³)	999,48	1.003	1.004	1.006	1.004	1.009	1.015	
η (Pa s)	0,00130	0,000836	0,0007822	0,00085540	0,0002796	0,0007191	0,0002706	
pH	7,05	7,47	7,19	7,28	7,33	7,12	7,17	

ST = sólidos totais; SD = sólidos sedimentáveis; γ = peso específico; η = viscosidade aparente; e pH = potencial hidrogeniônico.

Utilizando-se a Equação Universal para o cálculo do fator f, verificou-se que para uma mesma vazão e diâmetro da tubulação, o valor do fator f diminuiu da água limpa à concentração de sólidos totais 0,46 dag L⁻¹, e aumentou da concentração de 0,46 dag L⁻¹ à 2,89 dag L⁻¹. Assim, em certa concentração de sólidos totais não estudada, entre 0,46 dag L⁻¹ e 0,73 dag L⁻¹, ocorreu inversão do comportamento do fluido quanto à perda de carga. Tagliaferre (2003) estudando perda de carga em tubos de polietileno conduzindo água residuária de suinocultura, obteve comportamento semelhante, encontrando perda de carga

menor que da água limpa em concentrações de sólidos totais que variaram de 1,15 a 1,75 dag L⁻¹.

Na Figura 1, estão apresentadas as curvas ajustadas relacionando perda de carga unitária (J) em função da vazão (Q), para água e seis concentrações de ARA, nos cinco diâmetros avaliados. Pode-se verificar, nessa figura, que a maior e a menor perda de carga sempre ocorreram para água e ARA na concentração de 0,46 dag L⁻¹, respectivamente. Verifica-se uma tendência de que a perda de carga seja menor em fluidos de viscosidade menor que da água.

Para Azevedo Netto et al. (1998), no escoamento em tubos, mesmo em regime turbulento liso, sempre existe uma camada laminar junto às paredes, que, em algumas situações de escoamento, cobre boa parte da rugosidade das tubulações ensaiadas, diminuindo o atrito com o fluido, contribuindo para a redução da perda de carga em relação à água.

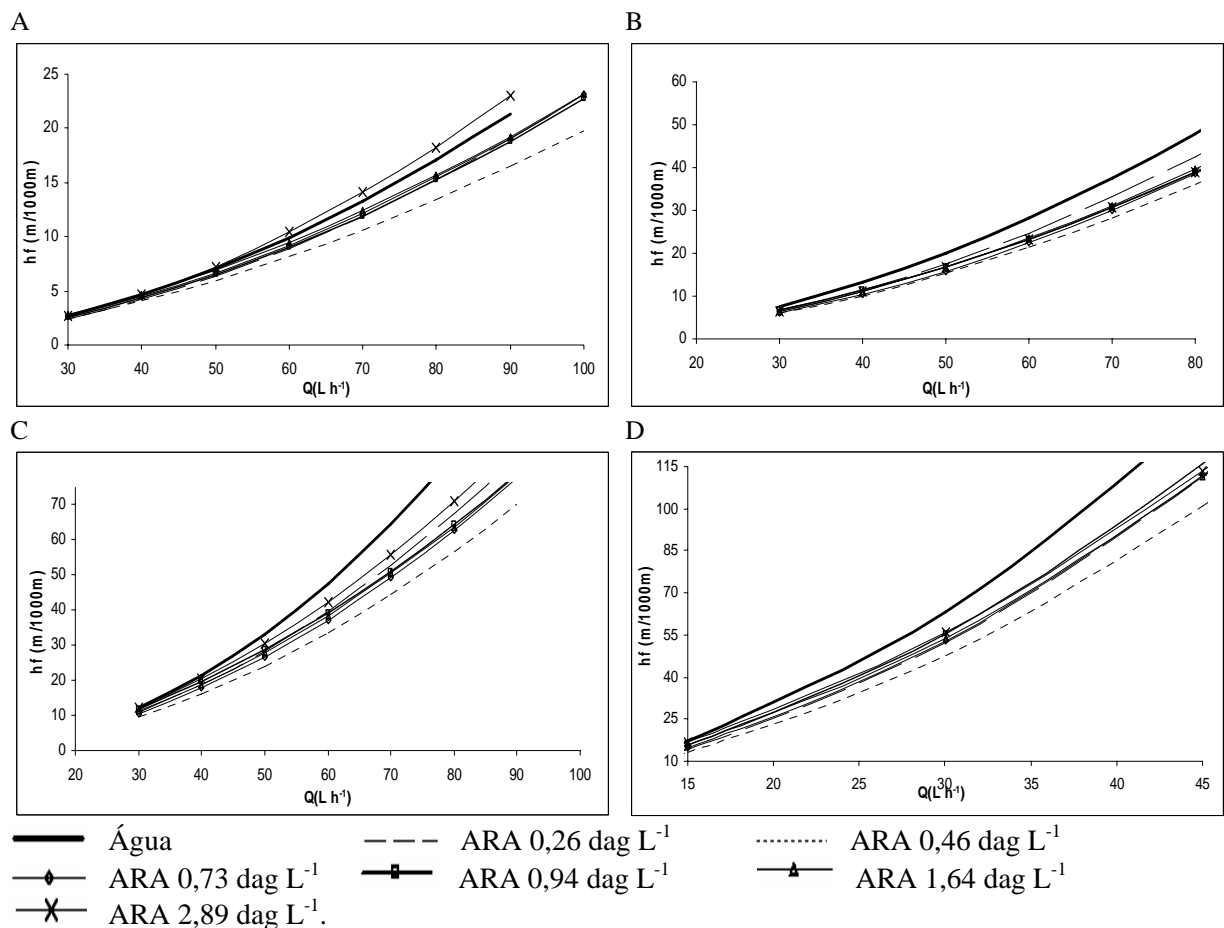


Figura 1 – Curvas ajustadas relacionando perda de carga unitária (J-m/1000m) em função da vazão ($Q - m^3 h^{-1}$) para a tubulação de aço zincado nos diâmetros de (A) 150,43 mm; (B) 125,24 mm; (C) 99,83mm e (D) 73,54 mm.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados dos modelos de estimativa de perda de carga contínua baseados nas equações Sampaio (200,2001), Duffy e Titchener (1974) e Hazen-Williamns modificado, para os diferentes diâmetros e concentrações de ARA.

Tabela 2 - Equações ajustadas do fator de atrito (f) e perda de carga (J) para as diferentes concentrações de AR.

Modelo	Equação ajustada	R ²
Sampaio (2000, 2001)	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -3,2814ST^{-0,0278} (\ln \text{Re } y)\sqrt{f} + 13,0463$	0,9040
Duffy e Titchener (1974)	$J = 0,003714V^{1,71039} ST^{0,0182} D^{-0,5538}$	0,9547
Hazen-Williamns modificado	$J = \frac{10,649Q^{1,8518}}{C^{1,8523} D^{4,8712}}$	0,9990

f - fator de atrito, adimensional; ST - concentração de sólidos totais, dag L⁻¹; Rey, - número de Reynolds, adimensional; V - velocidade média do fluido, m s⁻¹; D - diâmetro da tubulação, m; Q - vazão, m³ s⁻¹; e C - coeficiente de rugosidade, adimensional.

As estimativas de perda de carga que mais se aproximaram dos dados observados em campo foram os modelos de Duffy e Titchener (1974) e Hazen e Williams modificado, sendo que este último estimou a perda de carga mais próxima dos valores encontrados nos ensaios, subestimando, em média, a perda de carga para quaisquer vazões (Q), concentrações de sólidos totais (ST) ou diâmetros (D), apresentando, em geral, os menores erros médios e desvios padrão, justificando, portanto, seu melhor ajuste se comparados aos demais. O baixo valor dos expoentes da concentração de sólidos totais é um indicativo de que o efeito desta variável na perda de carga foi pequeno para as concentrações avaliadas.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados encontrados e as condições específicas do experimento, concluiu-se que:

- As viscosidades de todas as concentrações analisadas neste trabalho apresentaram-se menores que a da água;
- A perda de carga da ARA para as concentrações de sólidos totais estudadas é menor do que para a água limpa, diminuindo até a concentração de 0,46 dag L⁻¹ e voltando a crescer daí até a concentração de 2,89 dag L⁻¹;
- Os modelos empíricos apresentaram melhores resultados do que o modelo que estima o fator de atrito f; o modelo que melhor estimou a perda de carga foi o de Hazen-Williams modificado

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNADEZ, M. F.; ARAÚJO, R., ITO, A. E. Manual de hidráulica – 8ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 670p.

DUFFY, G. G.; TITCHENER, A . L. Design procedures for obtaining pipelines friction loss for chemical pulps. Tappi, Atlanta, v. 57, n. 5, p. 162-166, 1974.

SAMPAIO, S. C.; DENICULI, W.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, D. D.; CECON, P. R.; PINTO, F. A. Equações de perda de carga distribuída para tubulações comerciais conduzindo água residuária de bovinocultura. Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.20, n. 2, p.108-118, 2000.

SAMPAIO, S. C.; DENICULI, W.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, D. D.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, M. A. Perda de carga contínua em tubulações conduzindo água residuária da suinocultura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 5, n. 3, p.391-396. 2001.

TAGLIAFERRE, C. Perda de carga em tubos de polietileno e entupimento de microaspersor operando com água residuária de suinocultura. 2003. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.