

AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE ABSOLUTA DE TUBULAÇÕES DE PVC

Bruna Dalcin Pimenta ¹

Rogério Ricaldi Torres ²

Yesica Ramirez Flores ³

Jhosefe Bruning ⁴

Adroaldo Dias Robaina ⁵

Marcia Xavier Peiter ⁶

Resumo:

Os valores tabelados de rugosidade em tubos podem não refletir com precisão a rugosidade de materiais comerciais atuais, haja vista as alterações dos materiais e nos processos de fabricação dos tubos. Devido a isso, este estudo objetivou avaliar experimentalmente valores de rugosidade absoluta em tubos de PVC, com diâmetros de 32 e 40mm, e comparar com o valor tabelado proposto por Azevedo Netto et al. (2015). Através do índice de precisão foi possível comparar os valores de rugosidade experimental com o valor de rugosidade proposta por Azevedo Netto et al. (2015), obtendo classificação "Excelente" para os dois diâmetros de tubos estudados, podendo-se concluir que o valor da rugosidade absoluta proposta pelos autores tem elevada precisão quando comparado com os valores experimentais.

Palavras-chave: coeficiente de perda de carga; índice de precisão; condutos forçados; sistemas de irrigação.

Modalidade de Participação: Pesquisador

AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE ABSOLUTA DE TUBULAÇÕES DE PVC

¹ Aluno de pós-graduação. brunadpimenta@gmail.com. Autor principal

² Aluno de pós-graduação. rogeriocprtorres@gmail.com. Co-autor

³ Aluno de pós-graduação. yeyiramiflo@gmail.com. Co-autor

⁴ Aluno de pós-graduação. jhosefe.b@gmail.com. Co-autor

⁵ Docente. diasrobaina@gmail.com. Co-orientador

⁶ Docente. mpeiter@gmail.com. Co-orientador



AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE ABSOLUTA DE TUBULAÇÕES DE PVC

1. INTRODUÇÃO

Segundo MacDonald et al. (2016), geralmente não há superfície interna de tubos perfeitamente lisa, todas as paredes do tubo têm, fisicamente, superfícies ásperas. O grau de rugosidade varia de acordo com o processo de fabricação, acabamento de superfície, tipo de material de tubo (HAMMAD, 1999), idade, condições de exploração, entre outros.

De acordo com Busse et al. (2015), a rugosidade pode ser um efeito colateral da produção de uma superfície, onde um nível mais alto de acabamento seria antieconômico, ou pode se desenvolver ao longo do tempo devido à erosão ou à acumulação de depósitos.

Para aplicações envolvendo escoamento em tubulações de sistemas de irrigação não há um procedimento definido que permita identificar exatamente o valor da rugosidade absoluta. Normalmente adota-se valores oriundos de tabelas em função do tipo de material utilizado (BERNARDO et al., 2006; AZEVEDO NETTO et al., 2015).

Os valores tabelados de rugosidade em tubos podem não refletir com precisão a rugosidade de materiais comerciais atuais, haja vista as alterações dos materiais e nos processos de fabricação dos tubos. Devido a isso, este estudo objetivou avaliar experimentalmente valores de rugosidade absoluta em tubos de PVC, com diâmetros de 32 e 40mm, e comparar com o valor tabelado proposto por Azevedo Netto et al. (2015).

2. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Hidráulica Agrícola do Departamento de Engenharia Rural do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria.

O fornecimento de água para o desenvolvimento do experimento foi realizado com um sistema de bombeamento da água em circuito fechado, utilizando canos de Polícloreto de Vinila (PVC) rígido com junta soldável de coloração marrom (canos utilizados para água fria, NBR 5648), novos, com diâmetro nominal de 32 e 40mm e comprimento padrão de 6 metros.

A motobomba utilizada foi do modelo Centrífuga BC-20R, da marca Schneider, trifásica, com 5CV de potência e vazão máxima de 17m³.h⁻¹. Para medição da vazão, foi utilizado um hidrômetro, tipo turbina, de vazão nominal 20m³.h⁻¹ para uma pressão nominal de 10 metros de coluna de água (mca). Efetuou-se oito aberturas do registro de gaveta, instalado antes do hidrômetro, com 3 repetições cada. Utilizando-se manômetro diferencial de mercúrio, foi determinada a perda de carga da tubulação em um trecho de 4 metros de distância.

A rugosidade absoluta foi determinada através da equação de Colebrook-White (1937), que é expressa por:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

em que f é o coeficiente de perda de carga de Darcy-Weisbach (adimensional); ε é a rugosidade absoluta da tubulação (m); D é o diâmetro nominal da tubulação; Re é o número de Reynolds (adimensional).

Através da formulação de Darcy-Weisbach (1857) foi possível determinar o coeficiente de perda de carga:

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

em que hf é a perda de carga contínua na tubulação (m); L é o comprimento da tubulação (m); V é a velocidade de escoamento do fluido ($m.s^{-1}$) e g é a aceleração da gravidade ($m.s^{-2}$).

Os cálculos foram executados em planilhas do MS-Excel®. Combinando as velocidades de escoamento com o valor do diâmetro dos tubos obtiveram-se valores do número de Reynolds. A viscosidade cinemática utilizada foi $0,000001 m^2.s^{-1}$, sendo que este valor se refere à água com temperatura próxima de $20^\circ C$.

Para comparação dos valores da rugosidade absoluta obtidos experimentalmente foi utilizado o valor estabelecido pelo autor Azevedo Netto et al. (2015), para tubos de PVC novos ($\varepsilon=0,005mm$), encontrando, dessa forma, o coeficiente de perda de carga (f) para as duas situações e determinando o índice de precisão (I_p) e sua respectiva classificação.

O I_p permite quantificar o grau de associação entre as duas variáveis envolvidas na análise (LIRA; NETO, 2006), e pode ser estimado por:

$$I_p = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - E)(O_i - O)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (E_i - E)^2 \sum_{i=1}^n (O_i - O)^2}}$$

em que E_i são os valores estimados, O_i os valores observados, E a média dos valores estimados e O a média dos valores observados.

Quanto mais próximo de 1,0 (positivo ou negativo) maior é o grau de dependência estatística linear entre as variáveis, e quanto mais próximo de zero, menor é a força dessa relação (FIGUEIREDO FILHO; JUNIOR, 2010). A classificação do I_p , de acordo com Pimenta (2017), é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores do índice de precisão (I_p) e a respectiva classificação da correlação.

Índice de Precisão (I_p)	Classificação
0,95 – 1,00	Excelente
0,89 – 0,95	Ótimo
0,84 – 0,89	Muito bom
0,77 – 0,84	Bom
0,71 – 0,77	Moderadamente bom
0,63 – 0,71	Moderado
0,55 – 0,63	Moderadamente ruim
0,45 – 0,55	Ruim
0,32 – 0,45	Muito ruim
0,00 – 0,32	Péssimo

Fonte: Pimenta (2017).

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

Através dos valores obtidos da rugosidade absoluta verificada experimentalmente e da proposta por Azevedo Netto et al. (2015), foi realizado simulações com diferentes valores do número de Reynolds para obter resultados do coeficiente de perda de carga (f) nos dois diâmetros estudados para tubulações de PVC.

A Tabela 1 mostra os valores de l_p e sua respectiva classificação encontrados quando comparados os valores de " f " através da rugosidade absoluta experimental e os valores de " f " através da rugosidade indicada por Azevedo Netto et al. (2015).

Tabela 1 - Valores do índice de precisão (l_p) e sua respectiva classificação dos valores do coeficiente de perda de carga (f) obtidos experimentalmente quando comparados com o " f " encontrado através de Azevedo Netto et al. (2015).

Diâmetro (mm)	l_p	Classificação
32	0,9991	Excelente
40	0,9968	Excelente

O índice de precisão obteve elevado grau de associação entre as equações envolvidas na análise, com valores muito próximos de 1,00. A classificação do mesmo, para os dois diâmetros estudados, foi "Excelente", o que comprova grande precisão da rugosidade absoluta proposta pelo autor Azevedo Netto et al. (2015) quando comparada com a verificada experimentalmente.

Na Figura 1 está demonstrado a regressão linear dos valores de " f " obtidos experimentalmente quando comparados com os valores de " f " obtidos através do valor de rugosidade proposto por Azevedo Netto (2015).

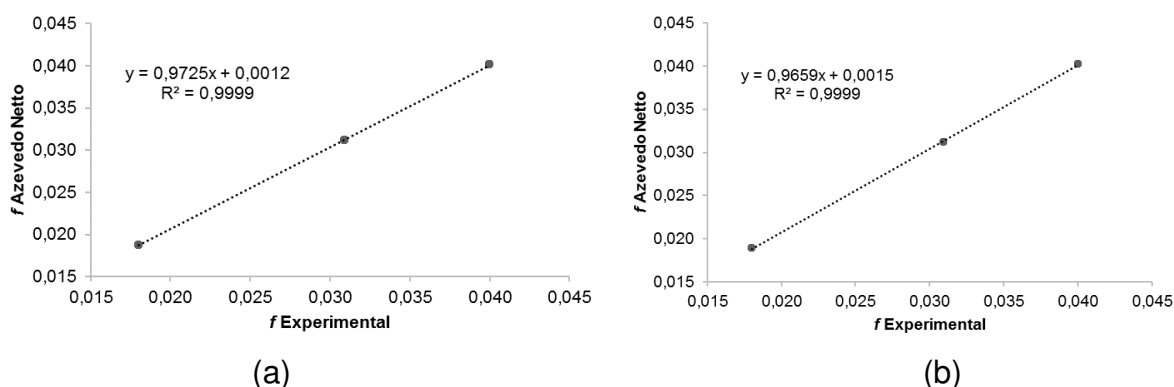


Figura 1 - Valores do coeficiente de perda de carga (f) obtidos experimentalmente quando comparado com o " f " encontrado através de Azevedo Netto et al. (2015) para (a) Tubo de PVC de 32mm e (b) tubo de PVC de 40mm.

Uma análise visual da Figura 1 permite observar que a distribuição dos pontos em torno da reta de regressão dos valores do " f " obtidos experimentalmente comparado com os valores do " f " proposto por Azevedo Netto et al. (2015) apresentam um comportamento similar, isto é, forte aderência à reta de regressão.

Observa-se, ainda, que para os dois diâmetros estudados, 32 e 40mm, a análise de regressão das equações forneceu um valor para o coeficiente angular próximo de 1,0, o coeficiente linear próximo de zero e com elevado coeficiente de

determinação (R^2 próximo de 1,0), confirmando pequena dispersão dos pontos em relação à reta de regressão.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos nesse estudo pode-se concluir que o valor da rugosidade absoluta proposta pelo autor Azevedo Netto et al. (2015) tem elevada precisão quando comparado com os valores obtidos experimentalmente com tubulações de PVC de diâmetros de 32 e 40mm.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria pelo apoio técnico e financeiro. As agências de fomento, CAPES e CNPq pelas bolsas de estudo. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul pelo fomento recebido.

6. REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M. Manual de hidráulica. 9 ed. São Paulo: Blucher, 632p. 2015.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. Manual de irrigação. 8 ed. Viosa: UFV, 625p, 2006.

BUSSE, A.; LÜTZNER, M.; SANDHAM, N. D. Direct numerical simulation of turbulent flow over a rough surface based on a surface scan. Computers & Fluids, v. 116, p.129-147, 2015.

COLEBROOK, C. F.; WHITE, C. M. Experiments with fluid friction in roughened pipes. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, v. 161, n. 906, p. 367-381, 1937.

DARCY, H. Recherches expérimentales relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux, Mallet-Bachelier, Paris. 268p, v.1, 1857.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; JUNIOR, J. A. S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). Revista Política Hoje, v. 18, n. 1, 2010.

HAMMAD, M. Product performance: energy performance of plastic pipes. Polymer Testing, v. 18, n. 2, p. 111-122, 1999.

LIRA, S. A.; NETO, A. C. Coeficientes de correlação para variáveis ordinais e dicotômicas derivados do coeficiente linear de Pearson. Revista Ciência & Engenharia, v. 15, n. 1/2, p. 45-53, 2006.

MACDONALD, M.; CHAN, L.; CHUNG, D.; HUTCHINS, N.; OOI, A. Turbulent flow over transitionally rough surfaces with varying roughness densities. Journal of Fluid Mechanics, v. 804, p.130-161, 2016.

PIMENTA, B. D. Análise de formulações explícitas do coeficiente de perda de carga em condutos pressurizados. 2017. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.