



## ANÁLISE DA PERDA DE CARGA EM TUBULAÇÕES DE DIFERENTES DIÂMETROS

ANDRADE, M.E.V.<sup>1</sup>; CAMPOS, A.J.S.F.<sup>1</sup>; MEDEIROS, C.A.<sup>1</sup>; SANTOS, A.F.S.<sup>2</sup>;

<sup>1</sup> Discentes do curso de Bacharelado em Engenharia Civil do IFNMG – Campus Januária; <sup>2</sup> Docente do IFNMG Campus Januária.

### Introdução

A perda de carga hidráulica é caracterizada como a dificuldade em que o fluido encontra para passar por uma tubulação devidos a diversos sistemas não uniformes como: atrito estático ou dinâmico, presença de válvulas ou registros, conexões, rugosidade dos tubos, união de tubulações entre outros. Em síntese, a perda de carga em um escoamento está relacionada com a recuperação do gradiente de pressão e o atrito ocasionado pelas paredes da tubulação onde a sua unidade dimensional de medida é o metro (m) pois em sua definição é considerado a relação entre a velocidade de escoamento e a potência no eixo da máquina em questão (Heilmann, 2017).

As perdas de carga distribuída ocorrem em condutos retilíneos e longos, devido ao seu comprimento, vazão e diâmetro da área interna do tubo (Munson, 2004). Essas perdas de carga podem ser calculadas a partir das seguintes equações empíricas: Darcy-Weisbach  $J=(f/D_i)*(V^2)/2g$ , com  $f$  calculado pela equação de Moody; Hazen Williams  $J=10,641*/(D_i^{4,87})*(Q/C)^{1,852}$ ; Flamant  $J=(b_1*Q^{1,75})/(D^{4,757})$ ; Watters e Keller  $J=(7,89*10^{-4})*(Q^{1,75})/(D^{4,75})$  e Fair-Whipple  $J=(0,000859*Q^{1,75})/(D^{4,75})$ .

Esse trabalho tem por objetivo comparar os resultados de Perda de Carga distribuída mensurada em bancada experimental com as estimativas geradas por equações empíricas, buscando encontrar as equações que melhor se ajustam à realidade. Os resultados dessas comparações podem gerar uma maior eficiência na escolha dos métodos de estimativa da Perda de carga e consequentemente promover uma maior eficiência e economia em instalações hidráulicas.

### Material e Métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa foi utilizada uma bancada hidráulica instalada no Laboratório de Hidráulica, Irrigação e Climatologia, situado no IFNMG campus Januária. Tal bancada (Figura 1A), é composta por 2 motobombas monobloco e monoestágio com potência de 3 cv cada, com possibilidade de configurar em série ou paralelo, buscando maior pressão, ou vazão respectivamente. Alimentada por um reservatório de 500 L, a mesma bancada conta com um retorno de regulação, um circuito principal e um retorno do circuito principal. Com auxílio de um conjunto de registros de esfera e gaveta é possível regular uma ampla gama de vazões e pressões nos tubos e conexões ensaiados no circuito principal.

Para esse trabalho foram ensaiados tubos de PVC nos diâmetros nominais de 25 (DN24 PN80 água fria), 32 (DN32 PN80 irrigação) e 50 mm (DN50 PN80 irrigação) (Figura 1B e C), que foram individualmente conectados ao circuito principal, e submetidos às velocidades médias de escoamento de 0,5; 0,9; 1,3; 1,6 e 2,0 m/s. Para aferição da velocidade de escoamento nas tubulações foi utilizado o fluxômetro ultrassônico Dynasonics UFX (Figura 1D). A diferença de pressão entre a entrada e a saída do trecho analisado nas tubulações foi mensurada em um



piezômetro diferencial com escala de precisão milimétrica, previamente calibrado. A diferença de pressão foi mensurada em 5 repetições, espaçadas de 1 minuto entre elas, para cada velocidade e diâmetro analisado. A distância entre os pontos de tomada de pressão (entrada e saída) foi mensurada com uma trena de fibra, com precisão de 1 mm. Após o ensaio o diâmetro interno dos tubos foi mensurado com auxílio de um paquímetro analógico com precisão de 0.05 mm

De posse da velocidade de escoamento ( $V$ ), do Diâmetro interno ( $D_i$ ) e do Comprimento ( $L$ ) das tubulações ensaiadas, foram estimadas a vazão ( $Q$ ) e a Perda de Carga Unitária ( $J$ ) pelas equações de Darcy-Weisbach com  $f$  calculado pela equação de Moody, Hazen Williams com  $C$  para PVC de 150, Flamant com  $b_1$  para PVC de 0,000135, Watters e Keller com  $D < 125$ mm, e Fair-Whipple. Os dados foram submetidos à análise de variância e correlação de Pearson, dos quais foram determinados o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a equação de ajuste da reta.

## Resultados e Discussão

Para a tubulação DN 25 foi observado um melhor ajuste na equação de Hazen Williams ( $R^2 = 0.9985$ ) quando comparado com o valor mensurado na bancada experimental (Figura 2A). Apesar de ser recomendada para uso em tubulações de diâmetro superior a 50 mm (Azevedo Netto e Fernandes, 2015), esta equação se ajusta muito bem em estimativas com o uso de PVC. Da mesma forma ocorreu com a tubulação DN 32, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,9867 na equação de Hazen Williams (Figura 2B). Já na Tubulação DN 50 os melhores ajustes foram obtidos nas equações de Flamant, Watters e Keller e Fair-Whipple, ambas com o  $R^2$  de 0,9742 (Figura 2C). É importante salientar que de forma geral todas as equações tiveram um comportamento esperado, com ajuste linear, e coeficiente de determinação superior a 0.81, o que é estatisticamente considerado como correlação muito forte.

## Considerações finais

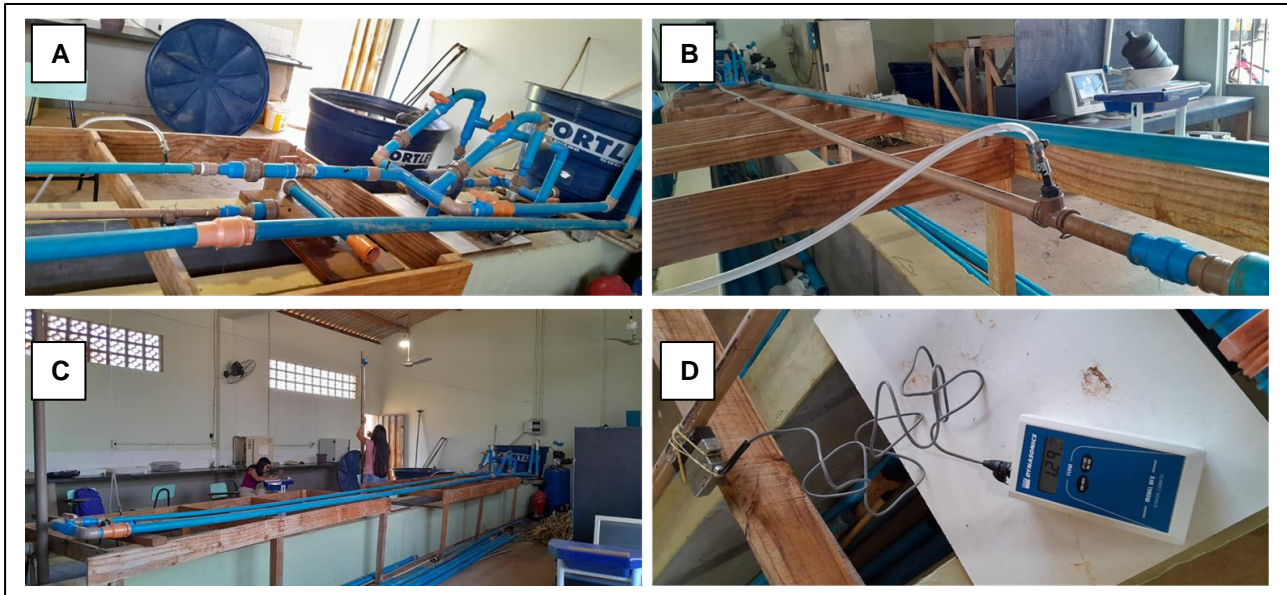
Na amplitude da velocidade de escoamento analisada, a equação de Hazen Williams foi a que apresentou melhor ajuste nos diâmetros nominais de 25 e 32 mm, quando comparado com os dados experimentais, enquanto que no diâmetro de 50 mm o melhor ajuste foi encontrado nas equações de Flamant, Watters e Keller e Fair-Whipple. Todas as equações analisadas podem ser recomendadas para estimativa da perda de carga nas condições analisadas, pois apresentaram elevado coeficiente de correlação.

## Agradecimentos

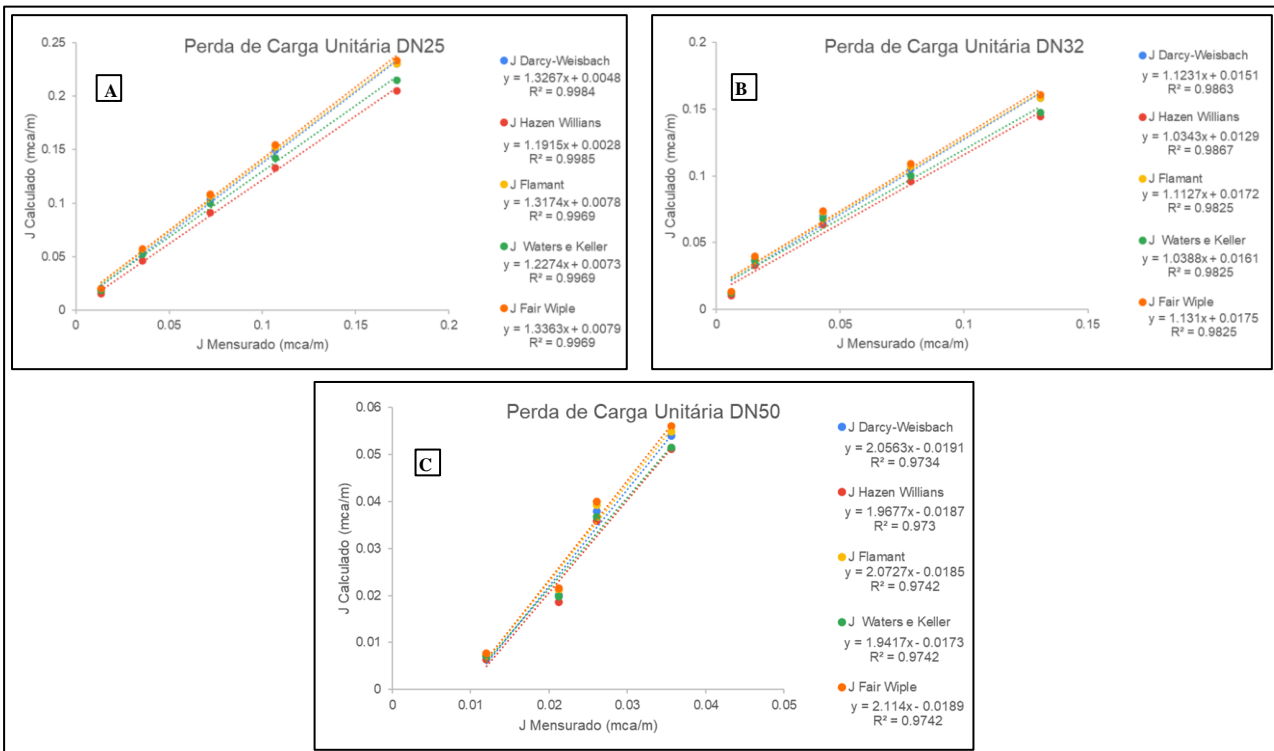
Ao Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - campus Januária pelo apoio.

## Referências

- MUNSON, Bruce R. et al. **Fundamentos da mecânica dos fluidos**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2004. 585 p. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/173336/pdf/0?code=VEFN6pE2AF+cv+mdSw131BQfAppBP5GHA5yerqfyYIHemyrgrnWyExhcIaOwi5luNP9aIZn8DvDJQszNfvRIMg==> . Acesso em: 12 set. 2023.
- HEILMANN, Armando. **Introdução aos fenômenos de transporte: características e dinâmica dos fluidos**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2017. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br> . Acesso em: 12 set. 2023.
- AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M.F. **Manual de Hidráulica**. 9. ed. Blucher, 2015.



**Figura 1:** Bancada Hidráulica (A); Circuito com tubulação com Diâmetro Nominal de 25 (B), 32 e 50 mm (C); Medidor de velocidade de escoamento (fluxômetro) ultrassônico Dynasonics UFX (D). Fonte: Arquivo pessoal (2023).



**Figura 2:** Equação de ajuste e coeficiente de determinação entre Perda de Carga Unitária (J) mensurada e calculada por diferentes equações empíricas, nos diâmetros nominais de 25 mm (A), 32mm (B) e 50 mm (C) de tubulações em PVC. Fonte: Arquivo pessoal (2023).