

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DE DEMONSTRAÇÃO DA EQUAÇÃO DE BERNOULLI

Jennifer Borlenghi de Brito¹, Alfredo José Alvim de Castro³
^{1,3} Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI
jenniferborlenghi@yahoo.com.br, alfredoaj@fei.edu.br

Resumo: O projeto visa desenvolver uma bancada de demonstração da Equação de Bernoulli, por meio de três tipos medidores de vazão inseridos nela (tubo de Venturi, placa de orifício e rotâmetro) e um piezômetro. Para simular as condições experimentais e as calibrações dos medidores, será desenvolvido um programa no EES (Engineering Equation Solver). Além disso, a bancada será implementada no laboratório de Mecânica dos Fluidos do Centro Universitário FEI.

1. Introdução

A equação de Bernoulli [1] baseia-se na frase do químico francês, Antoine Lavoisier, “Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”; ou seja, ela deriva da conservação de energia de um sistema.

A equação analisa efeitos da variação da carga de pressão (H_p), carga cinética (H_C) e carga gravitacional (H_Z). Abaixo há a equação igualando a energia de dois pontos estudados:

$$H_{z1} + H_{p1} + H_{c1} = H_{z2} + H_{p2} + H_{c2} \quad (1)$$

O projeto demonstrará o Teorema de Bernoulli por meio de verificações de resultados experimentais fornecidos pela construção de uma bancada.

Isso ocorrerá com a variação de uma das cargas, pois essa mudança gerará a conversão de um tipo de carga em outra; por exemplo, a carga de pressão se transforma em carga cinética quando essa diminui para que a energia do sistema seja conservada.

Essa mudança será obtida com auxílio de dois medidores de vazão que têm o seu funcionamento baseado na redução de área de escoamento de fluido: o tubo de Venturi e a placa de orifício.

Já o rotâmetro, na bancada, terá a função de comparar as vazões obtidas ao longo do escoamento.

Para o funcionamento da bancada será utilizado o tanque, bomba e medidor de vazão da instalação F1-10 da Armfield (figura 1) presente no laboratório de Mecânica dos Fluidos.



Figura 1 - Instalação Armfield

Para simular os resultados obtidos, será utilizado o programa EES, que tem a função de resolver um

conjunto de equações algébricas; e que conta com uma biblioteca com diversas funções matemáticas e termodinâmicas, o que facilita os cálculos de engenharia e diminui o tempo em consultas de tabelas e propriedades de substâncias.

2. Metodologia

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica direcionada no dimensionamento e funcionamento dos três medidores de vazão, nas características do tanque completo da Armfield e na idealização de um piezômetro.

Após isso, foi projetada uma instalação hidráulica (figura 2), feita de tubulações de PVC, unidas por flanges, cotovelos e outros componentes hidráulicos.

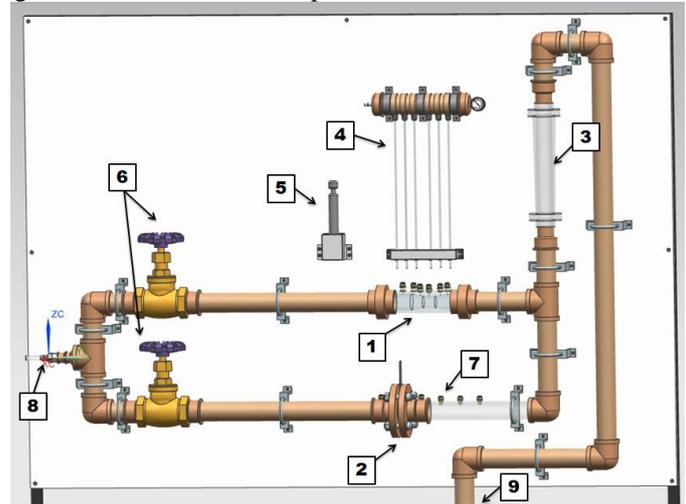


Figura 2 - Bancada detalhada desenvolvida no NX SIEMENS

No projeto detalhado (figura 2), com cores simbólicas, o tubo de Venturi (1), a placa de orifício (a qual terá três modelos com diferentes relações de diâmetro) (2) e rotâmetro (3) serão inseridos; sendo que os dois primeiros terão sua pressão medida pelo piezômetro (4), o qual é pressurizado por uma bomba de ar manual (5) para que a coluna de água não seja tão alta.

Além disso, há duas válvulas globo (6) responsáveis pelo controle da vazão; e, após a placa de orifício, há um tubo transparente (7), por onde será possível visualizar as regiões de vórtices criadas pela placa. O escoamento acontece da esquerda para direita: na esquerda há onde ocorrerá o abastecimento de água (8) e na direita, a saída de água para o tanque (9); sendo que a instalação da Armfield ficará debaixo da bancada.

Também, o circuito é fixo em um quadro de mdf, estruturado por metalon e móvel por rodinhas. A figura 3 representa o circuito por completo:

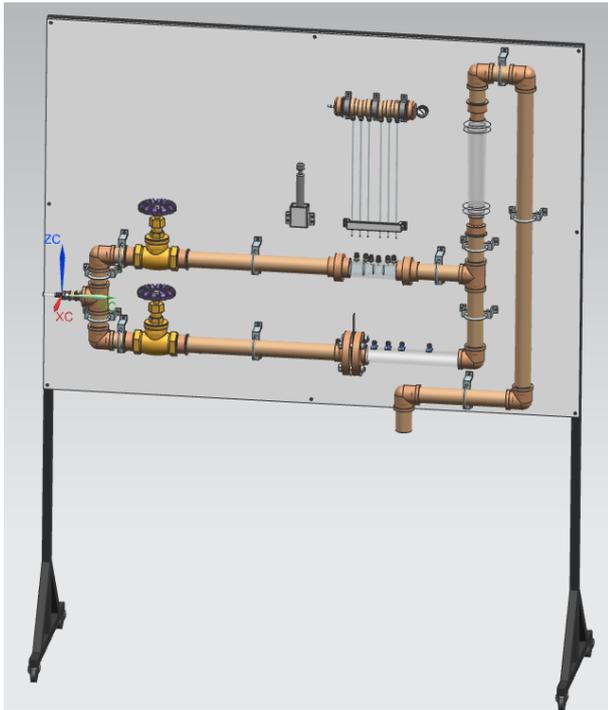


Figura 3 - Projeto da bancada completa

Em relação à simulação do software EES, após o estudo do programa e a aplicação da equação de Bernoulli no circuito hidráulico, desenvolveu-se dois programas: um para o tubo de Venturi e outro para a placa de orifício. Por meio de dados experimentais (pressão e área), serão obtidos - por cálculos programados no EES - os valores de velocidade, vazão volumétrica, carga cinética, carga de pressão, carga total e outros. Com os valores, serão desenvolvidos gráficos da carga de pressão (m) versus carga cinética (m) e da variação da carga total (m) em cada seção.

3. Resultados parciais

A bancada encontra-se sendo realizada e os programas no EES estão prontos. A imagem a seguir (figura 4) refere-se ao “Diagram Window” (interface) que será visualizado no programa para a placa de orifício. Ao lado desse desenho esquemático haverá informações obtidas experimentalmente, constante utilizada e resultados obtidos com o cálculo do EES. Também os gráficos definidos na metodologia serão exibidos ao clicar em “Plot Window”. O mesmo serve para o programa desenvolvido para o tubo de Venturi.

Demonstração do Teorema de Bernoulli por meio da Placa de Orifício

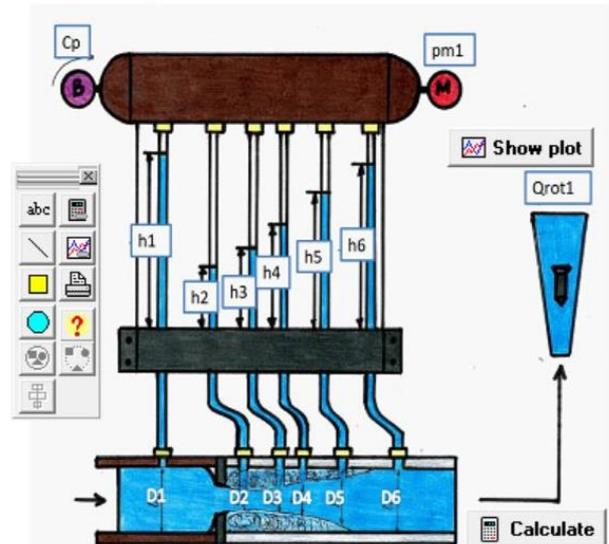


Figura 4 - “Diagram Window” para o projeto no programa EES

4. Conclusões

Em razão do não término de construção da bancada, estipula-se que o prazo e o objetivo principal sejam atendidos: por meio da bancada, provar a equação de Bernoulli.

5. Referências

- [1] BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos fluidos**. 2. ed. rev. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 431 p.
- [2] DIAS FILHO, José Pedro. **METODOLOGIA PARA CALIBRAÇÃO DE ROTÂMETRO DE ÁGUA OPERANDO COM O FLUIDO R134a**. 2006. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/SBPS-756NJ9>>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- [3] DELMÉE, Gérard Jean. **Manual de medição de vazão**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1983. 476 p.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário da FEI pelo apoio para a realização do projeto e a todos funcionários e alunos pelo auxílio prestado.

¹ Aluna de IC do Centro Universitário da FEI (CNPq). Projeto com vigência de 08/17 a 10/18.