

PROJETO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE MECÂNICA DOS FLUIDOS PARA O LABORATÓRIO MULTIDISCIPLINAR III

Carlos Eduardo Lourenço da Silva¹, Wellington Cardoso de Almeida², Telmo Viana Rodrigues³

^{1,2,3} Grupo de Pesquisa Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

ce76997@gmail.com, meriti37almeida@gmail.com, telmoviana@gmail.com

Resumo – Para a formação de um profissional de engenharia capacitado é extremamente importante aliar os estudos teóricos ao conhecimento prático, e o primeiro contato de muitos estudantes com esse conhecimento prático é nos laboratórios das universidades. Os conceitos da mecânica dos fluidos são aplicados em diversos setores da indústria mecânica e da construção civil, sendo a perda de carga em tubulações um desafio a ser vencido a seleção de máquinas de fluxo. O presente trabalho traz um projeto de uma bancada didática para o ensino prático da disciplina de mecânica dos fluidos, através da análise da perda de carga localizada e distribuída em tubulações. O princípio da perda de carga pode ser entendido como a perda de energia que ocorre em um escoamento de qualquer fluido em qualquer tubulação. Diversos experimentos podem ser realizados nessa bancada didática para determinar a perda de carga localizada e distribuída, em diferentes trechos e acessórios de tubulação, que será prioritariamente construída com tubos de PVC. Os experimentos realizados na bancada didática objetivam complementar o estudo da mecânica dos fluidos de maneira prática.

(**Palavras chave** : Bancada Hidráulica, Mecânica dos Fluidos, Perda de Carga)

Abstract –. For the formation of a trained engineering professional, it is extremely important to combine theoretical studies with practical knowledge, and the first contact of many students with this practical knowledge is in university laboratories. The concepts of fluid mechanics are applied in several sectors of the mechanical industry and civil construction, with pressure drop in pipes being a challenge to be overcome in the selection of flow machines. The present work presents a project of a didactic workbench for the practical teaching of the discipline of fluid mechanics, through the analysis of the head loss located and distributed in pipes. The head loss principle can be understood as the loss of energy that occurs in a flow of any fluid in any pipe. Several experiments can be carried out on this didactic workbench to determine the localized and distributed head loss, in different sections and pipeline currents, which will be built primarily with PVC pipes. The experiments carried out on the didactic bench aim to complement the study of fluid mechanics in a practical way.

(**Keywords:** Hydraulic Bench, Fluid Mechanics, Pressure loss)

1 Introdução

O transporte de fluidos por meio de tubulações sempre esteve intimamente ligado ao desenvolvimento humano, seja para irrigação ou mesmo saneamento. Uma série de aplicações em engenharia demandam o transporte de fluidos por condutos e cabe ao engenheiro a responsabilidade de projetar e manter esses sistemas.

A fim de alinhar os valores teóricos e o conhecimento prático é importante para o discente vivenciar o estudo da mecânica dos fluidos dentro de um laboratório com equipamentos simples e didáticos. A bancada didática para estudo de mecânica dos fluidos é um desses equipamentos que através de tubulações e acessórios simples permitem o estudo de conceitos complexos de mecânica dos fluidos.

...atualmente é comum o desenvolvimento das mais diversas bancadas hidráulicas para realização de experimentos. Tal prática já é desenvolvida desde o começo século XVIII, quando se intensificaram os estudos da hidrodinâmica e grandes nomes da física usaram os avanços da matemática para descrever as percepções e resultados experimentais dos fenômenos de escoamento de fluidos. (BARROS GONÇALVES, 2018, p.18)

Sendo assim foi escolhido desenvolver e fabricar o protótipo de uma bancada didática que permita calcular as perdas de cargas localizadas, distribuídas e totais em diversos trechos de tubulações de PVC, alimentadas por uma pequena bomba.

De acordo com Silva Telles (1999) “O escoamento de qualquer fluido em qualquer tubulação sempre resultará em certa perda de energia do fluido, energia esta que é gasta em vencer resistências que se opõem ao escoamento e que finalmente é dissipada em forma de calor”. O autor ainda especifica que pode haver dois tipos de resistências: Resistências externas e resistências internas.

As resistências externas podem ser entendidas como o atrito entre o fluido e as paredes da tubulação, a mudança de direção do escoamento e aceleração do escoamento. Já as resistências internas estão relacionadas com a viscosidade do próprio fluido. A energia perdida durante o processo do escoamento é chamada de perda de carga.

Existem três tipos de perda de carga: a perda de carga distribuída, perda de carga localizada e as perdas totais.

A perda de carga distribuída é aquela que ocorre nas partes retas da tubulação. A perda de carga localizada são aquelas geradas por peças e “obstáculos” ao longo da tubulação, como curvas, válvulas, entre outras. As perdas totais são a soma das perdas distribuídas e localizadas. (Carvalho, 1999).

Antes de estudar a perda de carga é importante entender que só existe perda de carga quando há escoamento de um fluido em um conduto. O escoamento pode ser definido de duas maneiras: escoamento laminar e escoamento turbulento. De acordo com Azevedo Netto (1998), no escoamento laminar as trajetórias das partículas em movimento são bem definidas e não se cruzam. Já o escoamento turbulento caracteriza-se pelo movimento desordenado das partículas. Na prática raramente ocorre escoamento laminar, sendo exclusivo de velocidades muito baixas e fluidos muito viscosos. É possível prever se um escoamento é laminar ou turbulento através do número de Reynolds, que é uma quantidade adimensional dada pela seguinte equação:

$$Re = \rho \cdot V \cdot D / \mu \quad (1)$$

Onde:

ρ = densidade do fluido

V = velocidade do fluido

D = diâmetro da tubulação

μ = viscosidade do fluido.

Se o número de Reynolds for inferior a 2000 o escoamento é considerado laminar. Se o número de Reynolds for superior a 4000, o escoamento é turbulento e se o número de Reynolds estiver compreendido entre 2000 e 4000, o escoamento é considerado instável e não se pode afirmar nada.

Como já mencionado o escoamento laminar raramente ocorre na prática, e a perda de carga é um efeito que ocorre em todo escoamento em condutos. Sendo assim para calcular a perda de carga em escoamentos turbulentos são utilizadas fórmulas empíricas, já que não é possível deduzir uma fórmula teórica para cada caso.

Para tubulações a fórmula mais aplicada é conhecida como Fórmula de Fanning tipo:

$$J = f \cdot L \cdot V^2 / 2 \cdot d \cdot g \quad (2)$$

Onde:

J = perda de carga total
f = coeficiente de atrito do líquido
V = velocidade do fluido
L = comprimento da tubulação
d = diâmetro interno do tubo
g = aceleração da gravidade

2 Material e Métodos

De início foi realizado uma revisão bibliográfica de mecânica dos fluidos. Os conceitos e o cálculo de perda de carga em tubulação serviram como base para dimensionar a tubulação adequada para a bancada e a melhor configuração afim de demonstrar resultados coerentes com a realidade. As tubulações e acessórios foram dimensionados e dispostos em quatro ramais com configurações diferentes, justamente para obter valores de perda de carga plausíveis. Foi selecionada uma bomba com alta vazão e pressão manométrica, e esta conduzirá o fluido entre o reservatório e os ramais.

Para escolha da bomba foi calculada a vazão e as perdas de carga que seriam necessárias para o fluido percorrer a tubulação.

A vazão volumétrica pode ser definida como a quantidade em volume de fluido que atravessa determinada área de seção transversal por unidade de tempo. Dessa forma, temos a seguinte equação:

$$Q = V / t \quad (3)$$

Onde: Q = vazão volumétrica (m³/h);

V = volume (l);

t = tempo (s).

Considerando que o reservatório deverá estar cheio novamente em aproximadamente 10 minutos, tem se:

$$\text{Vazão: } 30\text{L}/10\text{min} = 1,8\text{m}^3/\text{H}$$

2.1 Perdas localizadas

A perda de carga localizada ocorre em trechos da tubulação onde há presença de acessórios, sejam eles: válvulas, curvas, derivações, registros ou conexões, bombas, turbinas e outros. A presença desses acessórios contribui para a alteração de módulo ou direção da velocidade média do escoamento e, conseqüentemente, de pressão no local, ou seja, age alterando a uniformidade do escoamento. Dessa forma, há contribuição para o aumento da turbulência no fluido e essa turbulência provoca a perda de carga.

O cálculo da perda de carga nos acessórios é através do comprimento equivalente gerado pelo mesmo, também será levado em conta o número de peças na tubulação. Para saber o comprimento equivalente foi consultada na tabela demonstrada na Tabela 1:

Perda de Carga Localizada / Comprimento equivalente em metros de tubulação de PVC	
Joelho de 90°	1,1
Joelho de 45°	0,4
Curva de 90°	0,4
Registro Globo	11

Tabela 1 – Perda de Carga em tubulações de PVC de ½ “. Fonte: Próprio Autor

Para o primeiro ramal foi escolhido um trecho reto de 1,2 metros sem nenhum acessório.

No segundo ramal, foi adicionado 12 (doze) Joelhos de 45° na medida de ½”. Um joelho de 45° equivalem a 0,40 metros de tubulação em trecho reto. Logo no segundo ramal, os doze joelhos de 45° de PVC na medida ½” equivalem a uma perda de carga de 4,8 metros, considerando os valores na Tabela 1.

No terceiro ramal, tem-se 12 (doze) curvas de 90° na medida de ½”, que equivalem cada um a 0,40 metros de tubulação em trecho reto. Então, multiplicando o número de curvas de 90° de ½” pelo valor de perda de carga localizada da própria curva, obtêm-se o equivalente a 4,8 metros de perda de carga, considerando os valores da Tabela 1.

No quarto ramal, tem-se 12 (doze) joelhos de 90° na medida de ½”, que equivalem cada um a 1,10 metros de tubulação em trecho reto. Logo, multiplicando o número de joelhos de 90° de ½” pelo valor de perda de carga localizada da própria curva, obtêm-se 13,2 metros de perda de carga.

Também deve-se calcular a perda de carga dos registros que se encontram na tubulação. Na confecção da bancada serão utilizados registros globo de ½” no valor de 11(onze) metros de perda de carga, conforme Tabela 1.

2.2 Perdas totais

É a soma das perdas de carga distribuídas e das perdas de carga localizadas, sendo os valores de perda de carga distribuída insignificantes perante os valores de perda de carga localizada.

Por exemplo no segundo ramal, ocorre uma perda de carga de 15,8 metros, pois a tubulação é composta por doze (12) joelhos de 45° de ½”, que juntos fazem ocorrer uma perda de carga de 4,8 metros e mais um registro globo de ½”, que faz com que ocorra uma perda de carga de 11 metros.

De acordo com Avelino e de Souza (1999): “O escoamento de fluido pode ser relacionado às diferenças de pressão pela aplicação das equações da continuidade e de Bernoulli”.

Para demonstração do experimento é selecionado um ramal abrindo seu registro de entrada e de saída, e fechando o registro de todos os outros ramais. A bomba será ligada e terá início o

escoamento do fluido. Com o escoamento em andamento será conectado por meio da mangueira ao manômetro o ramal selecionado, assim iniciando o estudo.

Para descobrir a diferença de pressão entre o ponto 1 e 2 utilizaremos a equação de Bernoulli.

$$P1/\rho g + V1^2/2g + Z1 = P2/\rho g + V2^2/2g + Z2 + \Delta h \quad (4)$$

Onde:

g = Gravidade, que equivale aproximadamente 9,81 m/s².

ρ = é a densidade do fluido.

V1 = Velocidade no primeiro ponto.

V2 = Velocidade no segundo ponto.

P1= Pressão no primeiro ponto.

P2 = Pressão no segundo ponto.

Z1 = Cota do ponto 1.

Z2 = Cota no ponto 2.

Com a utilização da bancada também poderá ser observado os seguintes dados:

A Vazão (m³/s), através do medidor de vazão. A pressão através da diferença de altura observada no manômetro (Δh). A área = A (m²), pode ser obtida através da equação: $\pi D^2/4$, onde D é o diâmetro da tubulação e a velocidade (V) poderá ser obtida através da equação Q/A, onde Q é a vazão e A é a área. Outro fator importante no estudo da mecânica dos fluidos é o Número de Reynolds, que pode ser obtido utilizando a equação (1).

Com esses dados pode ser determinado o coeficiente de atrito da tubulação e sua perda de carga pela equação:

$$\Delta h = F \cdot L_e/D \cdot V^2/2g \quad (5)$$

, onde:

F = Coeficiente de atrito.

L_e = Comprimento equivalente, se refere ao comprimento de um tubo reto de mesmo diâmetro que representaria a mesma perda de carga proporcionada pelos obstáculos encontrados na tubulação.

g = aceleração da gravidade.

Deve-se observar que essa equação fornece o comprimento equivalente para um obstáculo (conexões como joelho, curva etc.), portanto deve-se multiplicar o resultado pelo número de obstáculos em que o fluido irá percorrer.

3 Resultados

A bancada foi dimensionada de forma que pudesse fornecer valores factíveis a uma instalação hidráulica predial em dimensões reduzidas afim de ser condicionada dentro do laboratório multidisciplinares 3. Após os estudos realizados, foi decidido que a bancada seguirá as especificações abaixo, pois assim terá capacidade de realizar experimentos que abrangem variados temas.

Para construção da bancada serão utilizados:

- 12 m de Tubo de PVC de ½".
- 16 conexões do tipo joelho 90° ½".
- 12 conexões do tipo curvam 90° ½".

- 12 conexões do tipo joelho 45° ½”.
- 6 conexões do tipo tê
- 8 Registros de esfera de ½”
- 1 Bomba centrífuga de ½ CV
- 2 Manômetros
- 5 metros de mangueira de borracha
- 8 conexões pneumáticas do tipo engate rápido
- 1 Recipiente de 30 litros
- 1 chapa perfurada de Eucatex 2750 x 1220 x 2,5mm

A bancada foi montada com um ramal alimentador vertical, alimentando quatro ramais horizontais, que por sua vez terminam em um ramal vertical de retorno, conforme visto na Figura 1.

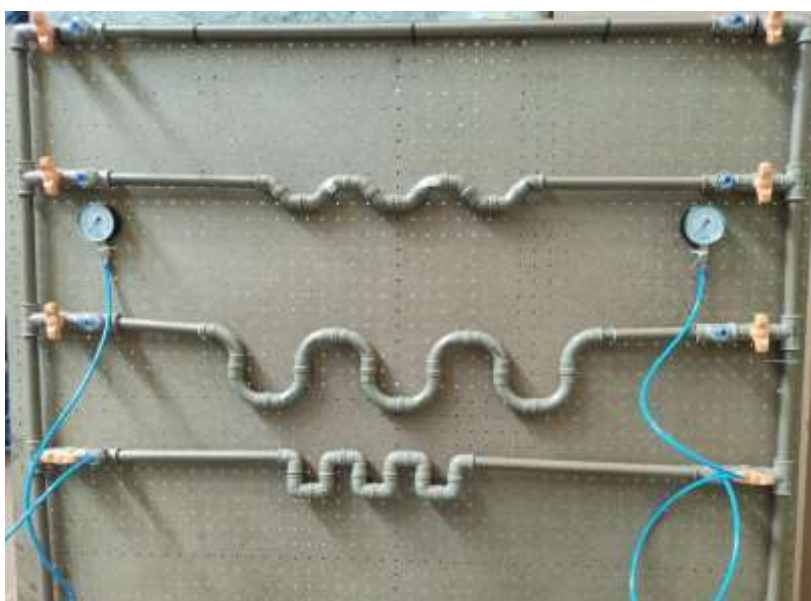


Figura 1 – Esquema de tubulação para bancada de perda de carga painel 1mx0,30cmx1,0m

O primeiro passo da confecção da bancada foi construir sua estrutura que possui as seguintes dimensões: 1 metro e 30 centímetros de largura e 1 metro e 50 centímetros de altura.

A estrutura possui em sua parte inferior um apoio onde ficaram posicionados o reservatório de água e a bomba, como pode ser visto na Figura 2.

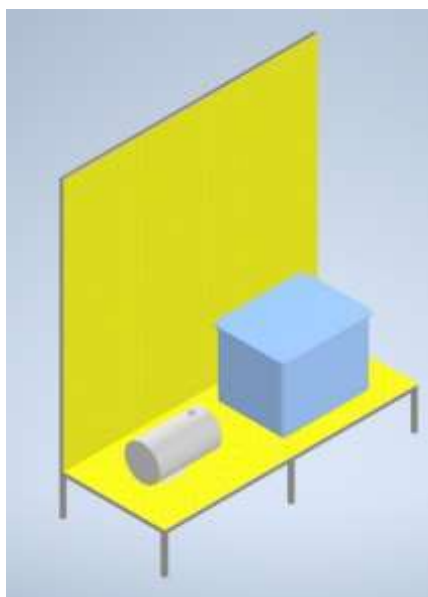


Figura 2 – Desenho tridimensional da bancada, contendo 1,3 metro de largura por 1,5 metros de altura

A bomba selecionada (Figura 3) para integrar a bancada possui 0,5 cavalos de potência e 44 metros de coluna d'água de altura manométrica total. As suas especificações podem ser vistas na placa de identificação conforme Figura 4.



Figura 3 – Bomba periférica



Figura 4 – Placa de especificações da bomba.

O reservatório utilizado possui 30 litros de capacidade armazenamento, pois como mostrado nos cálculos anteriores é uma quantidade que se adapta bem a bomba utilizada. O reservatório pode ser visualizado na Figura 5.



Figura 5 – Reservatório de água.

A confecção dos ramais de tubulação iniciou-se pelo primeiro ramal, que conta com um tubo reto de PVC de $\frac{1}{2}$ " como pode ser visualizado na Figura 6.



Figura 6 – Tubulação reta de PVC de $\frac{1}{2}$ ".

Já o segundo o ramal é composto por uma tubulação contendo 12 conexões do tipo joelho de 45° na medida de $\frac{1}{2}$ ", assim como é mostrado na Figura 7.



Figura 7 – Tubulação contendo 12 conexões do tipo joelho de 45°.

O terceiro ramal possui 12 conexões do tipo curva de 90° na medida de $\frac{1}{2}$ " e o quarto ramal possui 12 conexões do tipo joelho 90° na medida de $\frac{1}{2}$ ", como pode ser visto nas Figuras 8 e 9 respectivamente.



Figura 8 – Tubulação com 12 conexões do tipo curva 90°.



Figura 9 – Tubulação com 12 conexões do tipo joelho de 90°.

Na Figura 10 é possível visualizar o sistema já montado e em funcionamento.

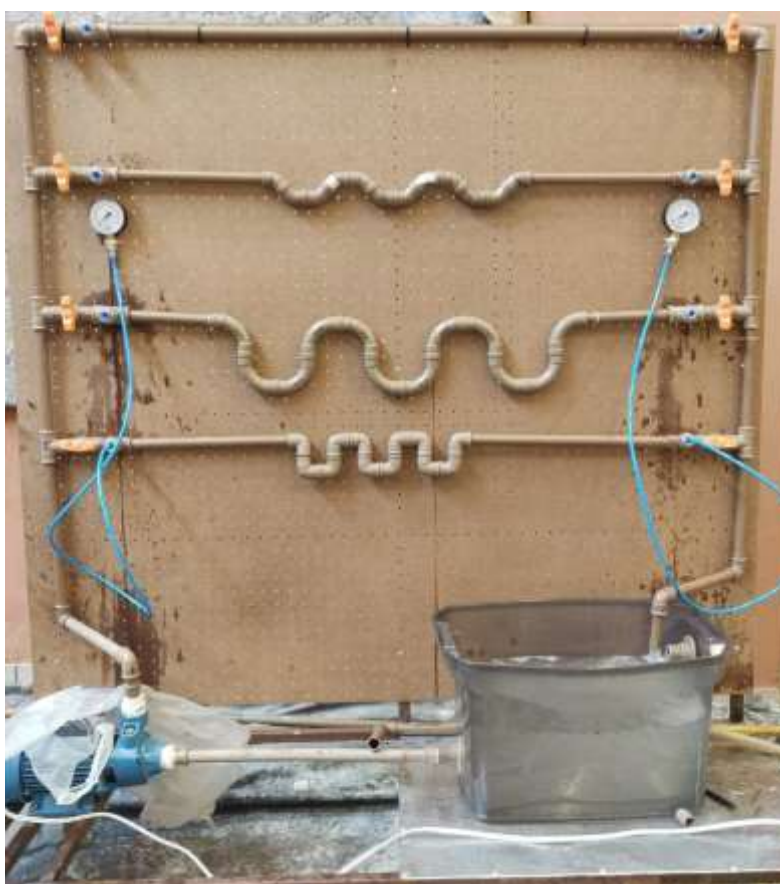


Figura 10 – Bancada monta e em funcionamento.

É importante ressaltar que nenhuma das conexões foram coladas, isso foi feito visando permitir alterar a configuração dos ramais, aumentando a gama de possibilidades e resultados.

Para realizar o experimento foram inseridas duas conexões do tipo engate rápido nos ramais, uma antes das conexões do tipo joelho de 90°, curva de 90° e joelho de 45° e outra depois. Essas conexões de engate rápido foram conectadas a um tê logo após o registro de entrada e uma outro tê com conexão de engate rápido antes do registro de fechamento do ramal. Essa montagem do tipo engate rápido permite a troca rápida entre os manômetros e os ramais, visando medir a diferença de pressão antes e após a interferência de determinadas conexões.

Os manômetros não se mostrou ideias para o requerido, pois as escalas e unidades de pressão trabalhadas apresentaram valores muito baixos e a conversão dessas unidades para a perda de carga em metros gerou valores imprecisos. É recomendado a utilização de um manômetro diferencial com escala em mca (metros de coluna d'água).

4. Conclusão

Aliar teoria e prática sempre foi o grande desafio no ensino da engenharia. Em mecânica dos fluidos esse desafio se mostra maior onde equações empíricas e constantes adimensionais precisam gerar resultados concretos em situações reais. O projeto e a construção de um protótipo de bancada didática para ensino de mecânica dos fluidos mostrou-se enriquecedor para todas as partes envolvidas: o docente, o discente e a instituição. Após a finalização do projeto e construção do protótipo fica evidente a importância dos ensaios práticos nas aulas de mecânica dos fluidos, hidráulica e sistemas fluido-mecânico. A construção e utilização da bancada hidráulica permitiu a visualização de fenômenos encontrados no campo. Embora o protótipo precise de pequenos ajustes, ele se mostrou muito promissor e passível de aprimoramentos. Espera-se que em breve esteja disponível no laboratório multidisciplinar 3 para as aulas práticas de mecânica dos fluidos.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado através da concessão de bolsa de iniciação científica pela Universidade Iguaçu mediante Edital 2023-2022 do Programa de Iniciação Científica., com o apoio da Coordenação do Curso de Engenharia Civil e da Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica que cedeu espaço no laboratório Multidisciplinar 3 para instalação e comissionamento do equipamento. E agradecimento especial ao amigo Joilson Barcelos Rangel por dedicar seu tempo e emprestar o espaço para realização do projeto.

6. Referências Bibliográficas

- AZEVEDO NETTO, J.M. & ALVAREZ, G.A (1982). *Manual de Hidráulica*. 7. ed. v. 2. Edgard Blücher, São Paulo.
- CARVALHO, DJALMA FRANCISCO (1999). *Instalações Elevatórias. Bombas*. 6 ed. Fundação Mariana Resende Costa
- GONÇALVES, LUCAS BARROS (2018). *Projeto de uma bancada hidráulica para treinamento de operadores de oleodutos*. Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- R. AVELINO E DE SOUZA (1999). *Bancada didática de medição de vazão no ensino de mecânica dos fluidos na graduação*. Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- SILVA TELLES, PEDRO.(199) *Tubulações Industriais*. 9a edição. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A; Rio de Janeiro