

PROJETO DE UM TUBO DE VENTURI PARA A BANCADA DO LABORATÓRIO MULTIDISCIPLINAR 3

Wellington Cardoso de Almeida¹, Carlos Eduardo Lourenço da Silva², Telmo Viana Rodrigues³

^{1,2} Aluno Engenharia Mecânica ³ Docente Engenharia Mecânica

^{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

¹meriti37almeida@gmail.com, ²ce76997@gmail.com, ³telmoviana@gmail.com

Resumo - Os aspectos teóricos da mecânica dos fluidos são de fundamental importância para a solução de diversos problemas encontrados habitualmente na engenharia, sendo suas principais aplicações destinadas ao estudo de escoamentos de líquidos e gases, máquinas hidráulicas, aplicações de pneumática e hidráulica industrial. Sendo a vazão uma das grandezas físicas mais importantes, tanto no setor acadêmico, quanto no setor industrial, encontrar maneiras de medir a vazão são necessárias em qualquer laboratório que trabalhe com fluidos. Os novos laboratórios da engenharia da UNIG estão equipados com o que há de mais moderno no ramo acadêmico, mas um medidor de vazão projetado e fabricado pelo próprio corpo discente enriquece o laboratório de Hidráulica e Mecânica dos Fluidos e os próprios discentes que usufruem do mesmo. O Tubo de Venturi é um medidor de vazão de fácil fabricação que permite uma medição precisa, segurança no manuseio e fácil manutenção. Este trabalho tem por objetivo projetar, fabricar e instalar um Tubo de Venturi no laboratório Multidisciplinar 3, agregando a instituição um equipamento que enriquece o laboratório, as engenharias e a instituição como um todo.

(Palavras chave: Tubo de Venturi, Vazão, Medidores de Vazão)

Abstract – The theoretical aspects of fluid mechanics are of fundamental importance for the solution of several problems commonly encountered in engineering, with its main applications being aimed at the study of liquid and gas flows, hydraulic machines, applications of pneumatics and industrial hydraulics. Since flow is one of the most important physical quantities, both in the academic and industrial sectors, finding ways to measure flow is necessary in any laboratory that works with fluids. UNIG's new engineering laboratories are prepared with the most modern technology in the academic field, but a flow meter designed and manufactured by the student body itself, enriching the Hydraulics and Fluid Mechanics laboratory and the students who use it. The Venturi Tube is an easy-to-manufacture flowmeter that allows accurate measurement, safe displacement and easy maintenance. This work aims to design, manufacture and install a Venturi Tube in the Multidisciplinary 3 laboratory, adding equipment to the institution that enriches the laboratory, the engineering and an institution as a whole.

(Keywords: Venturi Tube, Flow, Flow measurement devices)

1. Introdução

Segundo Lee (2003) a necessidade de quantificar o fluxo de líquidos tem sido reconhecida desde o início da civilização e com o avanço da mesma. Muitas das teorias básicas da hidráulica de medição foram desenvolvidas nos séculos XVII e XVIII, por cientistas como Torricelli, Pitot, Woltman e Venturi.

A vazão pode ser entendida como a quantidade volumétrica ou mássica de um fluido que

passa por um conduto. Assim os equipamentos medidores de vazão são largamente utilizados, e compreender seu funcionamento contribui muito na formação acadêmica.

Para a medição de vazão nos condutos forçados, destaca-se o uso de diafragmas, bocais e medidores Venturi, todos originados da aplicação do teorema de Bernoulli, que indiretamente permitem a determinação de vazões por meio da medição do diferencial de pressão em seções de áreas diferentes (Denículi, 1990).

O Tubo de Venturi é um desses medidores de vazão e sua constituição obedece lei de mesmo nome, que enuncia:

“Os fluidos sob pressão, na passagem através de tubos convergentes; ganham velocidade e perdem pressão, ocorrendo o oposto em tubos divergentes”

Clemens Herschel, em 1887, desenvolveu a partir das teorias de Venturi, um medidor de vazão do tipo tubo Venturi, com fabricação comercial, que era formado de um elemento primário muito parecido com o dos medidores deprimogênios utilizados de 1910 até hoje (SPINK, 1973).

O tubo VENTURI combina dentro de uma unidade simples uma curta “garganta” estreitada entre duas seções cônicas e está usualmente instalada entre duas flanges, numa tubulação seu propósito é acelerar o fluido e temporariamente baixar sua pressão estática.

O fluido passa através de um tubo convergente, e sua velocidade aumenta enquanto passa pela menor seção transversal, já que a mesma quantidade de fluido passa tanto pela seção menor quanto pela maior seção transversal. Devido o aumento da velocidade na seção menor, a sua pressão cai. Logo sendo possível medir a pressão tanto no trecho de maior diâmetro quanto na seção mais estreita será possível observar uma queda da pressão do fluido, e a diferença da pressão depende da vazão do fluido.

Considerando que o tubo não possui diferenças de elevação, podemos escrever a Equação de Bernoulli (1) da seguinte forma:

$$p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} \quad (1)$$

Onde:

ρ = massa específica do fluido

p_1 = pressão na região 1

v_1 = velocidade na região 1

p_2 = pressão na região 2

v_2 = velocidade na região 2

Portanto, vamos considerar que a região 1 seja a de maior de seção transversal, e que a região 2 seja a região menor seção, que apresenta a menor área. Dessa equação, pode-se afirmar que para uma mesma vazão, quanto menor a área, maior a velocidade do escoamento. Assim, como na região 2 a área é menor, logo a velocidade na região 2 é maior. Para manter a igualdade na Equação de Bernoulli (1) é necessário a diminuir a pressão na região de menor seção. A diferença de pressão entre a região de maior seção e menor seção é utilizado para calcular a velocidade em cada região, e como a velocidade é uma relação entre vazão e área, é possível chegar ao valor da vazão, já que as

áreas das seções são conhecidas.

2. Material e Métodos

A primeira fase do trabalho consiste em uma rica pesquisa bibliográfica, começando pelos conceitos básicos de Mecânica dos Fluidos, Sistemas Fluido-Mecânicos e Processos de Fabricação.

Em seguida foram realizados estudos para escolha do melhor modelo e um melhor dimensionamento do tubo de venturi a ser fabricado. O projeto seguiu as dimensões com base na norma NBR ISO 5167-3 - Medição de vazão de fluidos por dispositivos de pressão diferencial inseridos em condutos forçados de seção circular - Parte 3: Bocais e bocais Venturi. Com a definição do modelo e dimensões do Tubo de Venturi, passa-se para a fabricação do mesmo. As peças foram fabricadas em uma oficina própria abastecida com todo ferramental necessário para tal.

Os materiais envolvidos na fabricação são de fácil aquisição, como: chapas de aço de 2 mm (afim de fabricar a estrutura do Tubo de Venturi), um damper regulador de vazão fabricado em chapa de alumínio, um exaustor industrial (para forçar a passagem de ar pelo Tubo de Venturi), mangueiras translúcidas de 5 mm (para medição do diferencial de pressão), tubos de cobre e outros consumíveis como rebites e eletrodos de solda.

3. Resultados

Após uma extensa pesquisa bibliográfica foi decidido o melhor modelo de Tubo de Venturi a ser executado, optando pelo modelo clássico longo (seção circular). Partindo disso, foi a vez de dimensionar as partes que compõem o equipamento tomando como base a norma supracitada. Foi melhor avaliado que por se tratar de um equipamento para fins acadêmicos, instalado no laboratório próximo a outros equipamentos, suas dimensões devem ser reduzidas, porém capazes de apresentar resultados satisfatórios. Sendo assim, o conjunto foi projetado para que suas dimensões não ultrapassassem 30 centímetros de diâmetro e 2 metros de comprimento, obedecendo as proporções indicadas na norma. As medidas do equipamento podem ser visualizadas na Figura 1 - Desenho do Tubo de Venturi Projetado.

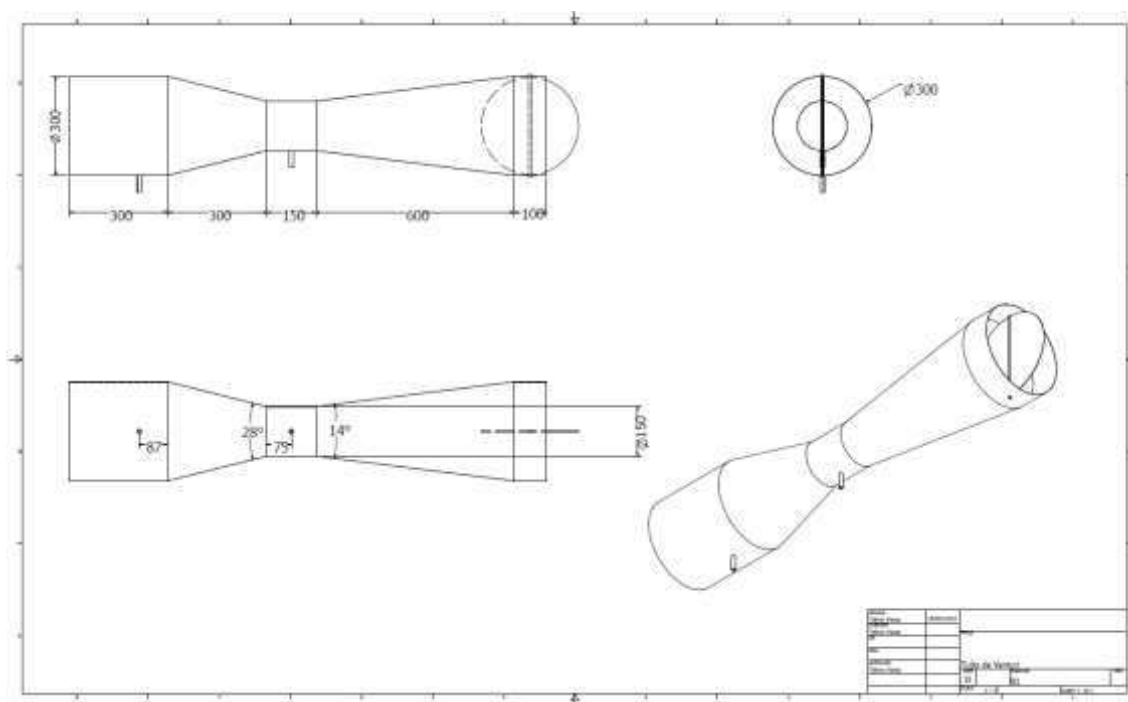


Figura 1 - Desenho do Tubo de Venturi Projetado.

Com o projeto definido, passou-se para a fase de fabricação de um protótipo. O protótipo foi fabricado em oficina própria, assim como todo ferramental necessário para construção, como mostrado na Figura 2 – Oficina e ferramental



Figura 2 – Oficina e ferramental

A norma supracitada apresenta apenas as dimensões finais recomendadas para a fabricação do tubo de Venturi adequado, já apresentadas na Figura 1. Sendo assim foi necessário desenvolver os desenhos de fabricação de cada peça do tubo de Venturi de forma que as chapas de aço recortadas segundo um desenho bidimensional sejam modificadas afim de obter uma peça segundo um desenho tridimensional. O processo de desenho na chapa afim de recorte pode ser visualizado na Figura 3 – Desenho da chapa do tubo de Venturi e Figura 4 – Recorte da chapa do tubo de Venturi. Esse processo foi repetido para todas as peças que compõem o Tubo de Venturi e o damper regulador de vazão.



Figura 3 – Desenho da chapa do tubo de Venturi



Figura 4 – Recorte da chapa do tubo de Venturi.

Após o processo de corte das chapas, por se tratar de um tubo de Venturi do tipo circular longo clássico, as chapas recortadas devem ser calandradas para que adquiram o formato circular. A Figura 5 – Calandragem da seção cônica apresenta o processo de calandragem de uma seção da garganta e a peça já pronta em seguida. Foram recortadas e calandradas as duas seções cônicas, a garganta e o dâmpêr regulador de vazão.



Figura 5 – Calandragem da seção cônica

As peças já fabricadas foram unidas através do processo de rebiteagem por rebite tipo POP e na Figura 6 podemos visualizar a montagem do Tubo de Venturi. Segue-se então a soldagem de dois pequenos tubos de cobre por onde serão fixadas as mangueiras do manômetro. A soldagem de matérias dissimilares é um desafio construtivo, já que o tubo menor é feito de cobre e o mesmo será soldado numa chapa de aço galvanizado. É necessário a utilização de um elétrodo de prata 25%, segundo a norma DIN 8513 L Ag 25 Cd. Esses tubos de cobre são fixados segundo dimensões recomendadas na norma sendo um localizado antes da seção cônica de entrada e outro na garganta do tubo de Venturi, conforme visualizado na Figura 7 - Soldagem dos tubos de saída para o manômetro.



Figura 6 – Protótipo do Tubo de Venturi montado.



Figura 7 - Soldagem dos tubos de saída para o manômetro.

Quando utilizado para fins industriais, geralmente o tubo de venturi é instalado no decorrer de uma tubulação, mas como esse protótipo será utilizado para fins acadêmicos, foi fabricada uma estrutura simples, feita de metalon e barra chata, para que o tubo de Venturi fique apoiado e seja manipulado com mais facilidade. Na Figura 8 – Suporte para tubo de Venturi é possível ver a estrutura de suporte do tubo e na Figura8b o Tubo de Venturi apoiado nela.



Figura 8 – Suporte para tubo de Venturi

O próximo passo consiste na fabricação de um manômetro em U. O manômetro foi fabricado com mangueira de borracha translúcida dobrada em formato de “u” contendo duas escalas graduadas em milímetros ao lado de cada perna do “u”. A mangueira será preenchida com água e corante para melhor visualização perante a escala graduada. Em seguida foi fabricado um acabamento para a botoeira de acionamento do ventilador axial para fins de segurança, impedindo que as partes de ligação elétrica não fiquem expostas podendo acarretar um acidente. Podemos visualizar na Figura 9a a botoeira de acionamento do Ventilador e na Figura 9b o manômetro diferencial em U.

Já com o tubo de Venturi montado, foi adquirido um ventilador axial de 300 mm de diâmetro capaz de fornecer uma vazão máxima de $35 \text{ m}^3/\text{min}$ que atendesse a demanda da tubulação gerando resultados significativos de diferença de pressão e vazão. O conjunto final pode ser visto na Figura 10 – Tubo de Venturi. O protótipo foi instalado no laboratório Multidisciplinar 3 para que possa ser utilizado posteriormente em aulas práticas de mecânica dos fluidos e sistemas fluido-mecânicos.

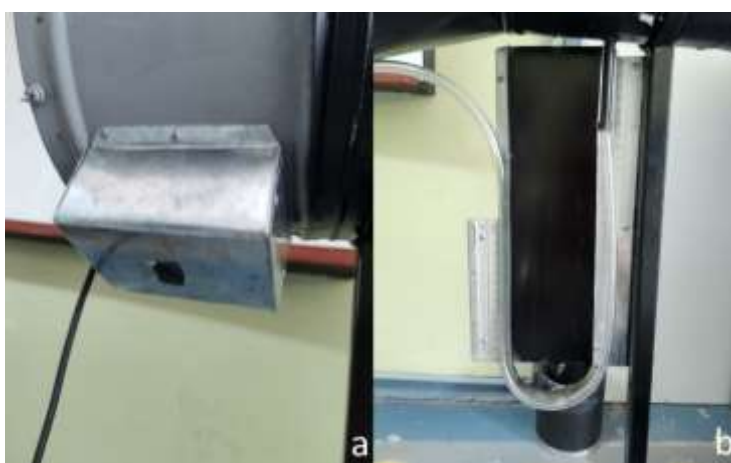


Figura 9 – Manômetro diferencial em U e Botoeira de acionamento do Ventilador



Figura 10 – Tubo de Venturi

4. Conclusão

A aquisição de um novo equipamento para as aulas práticas dos cursos de engenharia da UNIG sempre representa uma vitória do processo acadêmico. Quando os próprios discentes, sob a supervisão do corpo docente projetam, fabricam e instalam esse equipamento, aliando teoria e a prática, todo o processo se torna muito mais enriquecedor. O tubo de Venturi apesar de possuir uma estrutura tubular simples apresenta desafios multidisciplinares pois é um equipamento que trabalha no campo da mecânica dos fluidos, mas sua fabricação requer conhecimentos de processos de fabricação complexos como calandragem, rebitagem e soldagem de materiais dissimilares.

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. E, 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.

6. Referências Bibliográficas

BRAZ E SOUZA, P. G (2016) - *Dimensionamento E Instalação De Tubo Venturi Para Analisadores De Gás* - Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Engenharia Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica Curso de Especialização em Automação Indústria

CID, A. S.; CORREA, T. (2019) - *Venturino: análise da variação de pressão em um tubo de Venturi utilizando Arduino e sensor de pressão*

DENÍCULI, W (1990) *Medidores de vazão tipo orifício*. Viçosa: UFV.43 p

FOX & MCDONALD (2011) - *Introdução à Mecânica dos Fluidos* - 5ª Edição - JOHN WILEY & SONS, INC. Estados Unidos da América.

LEE, J. (2021) *Open channel flow measurement*.

<http://water.wku.edu/wastewater/readingroom/OpenChannelFlowMeasurement.pdf>. Acessado em 15 de Março de 2022.

LEITE, J. M. (2020) - Sistema de medição de vazões de líquido e de gás a partir de um tubo de Venturi modificado - Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Eletrônicos

SIVA FILHO, J. B. D (2017) - Desenvolvimento de um Tubo de Venturi acoplado a um reservatório para medição da vazão e pressão de fluidos utilizando a equação de Bernoulli - Universidade do Estado Do Amazonas - Curso de Engenharia Mecânica

SPINK, L.K. (1967) *Principles and practice of flow meter engineering*. 9. ed. Foxboro: The Foxboro Company, Massachusetts, 575 p.

TELLES, Pedro C da Silva (1999) - *Tubulações Industriais* -9ª Edição. LTC Editora, Rio de Janeiro.