

CONSTRUÇÃO E MODELAGEM DE UM MEDIDOR DE VAZÃO DO TIPO VENTURI

José Pinheiro da Silva Filho, pinheiro_filho@hotmail.com¹

Viviane Maria Cavalcante Queiroz, vivianecavalcantee@gmail.com²

¹Universidade Federal Rural do Semi Árido - UFERSA, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva, Mossoró RN, CEP: 59.625-900.

²Universidade Federal Rural do Semi Árido - UFERSA, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva, Mossoró RN, CEP: 59.625-900.

Resumo: O trabalho consiste na construção de um medidor de vazão por diferença de pressão do tipo Tubo Venturi, que foi iniciado com uma revisão bibliográfica sobre: enunciados da mecânica dos fluidos referentes a medições de vazão por diferença de pressão; norma ABNT NBR ISO 5167, que rege todos os requisitos necessários para a construção de medidores de vazão por diferença de pressão; entre outros assuntos relevantes. Em seguida foi realizado o projeto e construção do Tubo Venturi, onde o mesmo foi instalado em uma planta de vazão, atendendo todas as exigências da norma, sendo então realizados experimentos para o cálculo do Coeficiente de Descarga do medidor de vazão. Por fim, o trabalho é finalizado com a realização de simulações no software ANSYS CFX, para a comparação de dados experimentais e computacionais.

Palavras-chave: Medição de Vazão; Tubo Venturi; Diferença de Pressão.

1. INTRODUÇÃO

A medição de vazão tornou-se necessidade a partir da canalização da água para o consumo doméstico, onde a administração pública descobriu uma fonte de arrecadação de capital através de estabelecimento de taxas para o consumo de água, sendo os egípcios e os romanos os primeiros da história a realizarem medições de vazão (DELMÉE, 2003).

Após esse período, a medição de vazão veio a se desenvolver em meados do século XV a partir dos estudos de Leonardo da Vinci (1452-1519) sobre o movimento das águas e das águas pluviais, que no século XVII abriu portas para o estudo de Galileu Galilei (1564-1642), que teve participação nos fundamentos da medição de vazão; e Evangelista Torricelli (1608-1647) que desenvolveu a equação sobre o escoamento livre da água através de orifícios. No século XVIII, Daniel Bernoulli (1700-1782) publicou a principal lei da mecânica dos fluidos chamada de Equação de Bernoulli, sendo a partir daí que foram formulados os primeiros medidores de vazão como o medidor Venturi criado por Giovanni Venturi (1746-1822) em 1797, até os medidores modernos encontrados nos dias atuais (DELMÉE, 2003).

Atualmente existe diversos tipo de medidores de vazão, desenvolvidos para a medição de substâncias diferentes e situações diferentes, o progresso desses equipamentos é atribuído ao crescimento dos processos industriais, com isso a medição de vazão deixou de ser restrita apenas para as taxas de consumo de água pública, sendo também utilizada em processos industriais para controle de balanço de massa, contribuindo para atividades e produtos de alta qualidade. Percebe-se também uma grande aplicação desses equipamentos na agricultura irrigada, onde os valores de medição de água são utilizados para a eficiência de irrigação, melhorar o manejo de irrigação, monitorar o rendimento das bombas, entre outros parâmetros. Além disso, os medidores de vazão podem ser utilizados para o transporte de petróleo em oleodutos e gasodutos, como também em postos de abastecimento de veículos.

Devido a importância dos medidores de vazão para diversas aplicações, o presente trabalho se baseia no conhecimento dos princípios da mecânica dos fluidos para a construção e validação de um medidor de vazão Venturi, segundo a norma brasileira ABNT NBR ISO 5167, sendo posteriormente realizado um estudo computacional do mesmo para comparação de dados obtidos entre os dois métodos.

2. MEDIDORES DE VAZÃO POR RESTRIÇÃO

A medição de vazão é uma tarefa usual e frequente em problemas de engenharia, vários são os tipos de medidores utilizados na realização dessas medições, um tipo desses medidores são os de Restrição, chamados também de Deprimogênios (geradores de pressão), essa classe representa a mais antiga e mais utilizada na indústria, sendo os principais medidores: Placa de Orifício, Bocal Medidor e o Tubo Venturi.

Os medidores de vazão de restrição (Deprimogênios) baseiam-se na ideia de uma variação de velocidade levando a uma variação de pressão, através da redução da área transversal por onde o fluido escoa (FOX et al., 2008), como mostrado na Fig. 1.

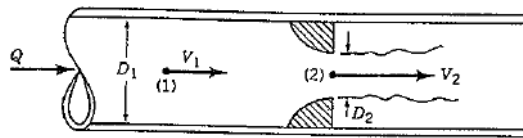


Figura 1. Esquema de um medidor de pressão de restrição.

O cálculo da medição de vazão associada à diferença de pressão para esse tipo de medidor é baseada na equação da Continuidade e na equação de Bernoulli. Sendo assim, a Eq. (1) quantifica a vazão volumétrica ideal, sem considerar as perdas, para esse tipo de medidor.

$$Q_{ideal} = A_2 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho(1 - \beta^4)}} \quad (1)$$

Sendo Q_{ideal} a vazão volumétrica ideal dada em m^3/s , A_2 a área da seção transversal na seção 2 em m^2 , P_1 a pressão na seção 1 em Pa, ρ a Massa específica em kg/m^3 , P_2 a pressão na seção 2 em Pa, e β é a razão entre o diâmetro da seção 2 e o diâmetro da seção 1 dada em m para ambos.

A Equação 1 representa a vazão volumétrica ideal, porém levando em consideração as perdas devido as forças de atrito, tem-se a introdução do coeficiente adimensional de descarga (C_d), com isso a vazão volumétrica real será dada pela Eq. 2.

$$Q_{real} = C_d A_2 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho(1 - \beta^4)}} \quad (2)$$

A escolha de um medidor de vazão leva em consideração vários fatores, sendo os principais critérios o custo inicial e a perda de carga em cada dispositivo, sempre procurando uma relação entre esses parâmetros para melhor escolha do medidor que atenda as necessidades para determinada aplicação (FOX et al., 2008).

2.1. Tubo Venturi

O medidor de vazão Tubo Venturi é caracterizado por seus processos de fabricação apresentarem tolerâncias muito pequenas com o intuito de produzir o desempenho do projeto padrão, sendo assim, esse tipo de medidor apresenta os resultados mais precisos, porém é o de custo mais elevado (FOX et al., 2008).

Segundo Munson et al. (2004), o Tubo Venturi se sobressai em relação aos outros medidores de vazão por diferença de pressão, devido ser projetado com o intuito de reduzir as perdas de carga ao mínimo, sendo a maior parte da perda devido ao atrito nas paredes, invés das perdas associadas a separação do escoamento.

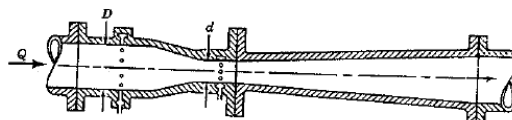


Figura 2. Esquema de um Tubo Venturi.

3. NORMA ABNT NBR ISO 5167

A norma NBR ISO 5167 relaciona a geometria e as condições de instalações e operações de medidores de vazão por diferença de pressão (Placas de Orifícios, Bocais e Tubos Venturi) inseridos em um conduto forçado de seção transversal circular, apresentando escoamento turbulento e permanente. Sendo essa norma dividida em quatro partes, onde

a primeira parte é restrita aos princípios e métodos gerais utilizados para medição de vazão utilizando os dispositivos de diferencial de pressão, enquanto as outras partes de 2 a 4 se dedicam a métodos construtivos da Placa de Orifício, Bocal e Tubo Venturi, respectivamente (ABNT, 2008).

O princípio do método de medição baseia-se na instalação de um elemento primário (como uma placa de orifício, um bocal ou tubo de Venturi) em uma tubulação completamente cheia, na qual o fluido está escoando. A instalação do elemento primário provoca uma diferença de pressão estática entre o lado a montante e a garganta ou o lado à jusante do elemento. A vazão pode ser determinada a partir do valor medido dessa diferença de pressão, do conhecimento das características do fluido que escoar, bem como das circunstâncias em que o elemento está sendo usado (ABNT, 2008). Sendo o cálculo da vazão mássica, dada pela Eq. 3.

$$Q_m = \frac{C_d}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta p \rho_1} \quad (3)$$

Onde Q_m é a vazão mássica dada em Kg/s, ε é o Fator de Expansão que é igual a um para fluidos incompressíveis (líquidos) e menor que um para fluidos compressíveis (Gases), Δp a diferença de pressão em Pa, ρ_1 é a massa Específica a montante do medidor em Kg/m³, e d é o diâmetro da restrição dado em m.

Em relação às principais condições de instalação, a norma apresenta como principais exigências: O processo de medição se aplica somente a fluidos que escoam através de uma tubulação de seção transversal circular; Na seção de medição a tubulação deve estar completamente preenchida pelo fluido em escoamento; O medidor de vazão deve ser instalado na tubulação de forma que o escoamento a sua montante apresentem condições de um perfil completamente desenvolvido e sem movimento rotacional; O medidor de vazão deve apresentar um trecho reto mínimo de tubulação a montante dada pela Tab. 1.

Tabela 1. Trechos retos necessários para tubos de Venturi clássicos – Valores expressos como múltiplos de D.

Relação de Diâmetro β	Uma única curva de 90°	Duas ou mais curvas de 90° no mesmo plano	Duas ou mais curvas de 90° em diferentes planos	Redução de 3D para D num comprimento de 3,5 D	Expansão de 0,75D para D num comprimento de D	Válvula Esfera ou gaveta totalmente aberta
0,35	0,5	1,5	0,5	1,5	1,5	2,5
0,40	0,5	1,5	0,5	2,5	1,5	2,5
0,45	1	1,5	0,5	4,5	2,5	3,5
0,50	1,5	2,5	0,5	5,5	2,5	3,5

Em relação aos dados construtivos para um medidor de vazão Tubo Venturi, as exigências da Norma estão sintetizadas na Fig. 3, sendo três tipos definidos de acordo com o método de fabricação da superfície interna do cone de entrada e o perfil na intersecção do cone de entrada e da garganta. Podendo ser: Convergente Fundido, Usinado e de Chapa Soldada.

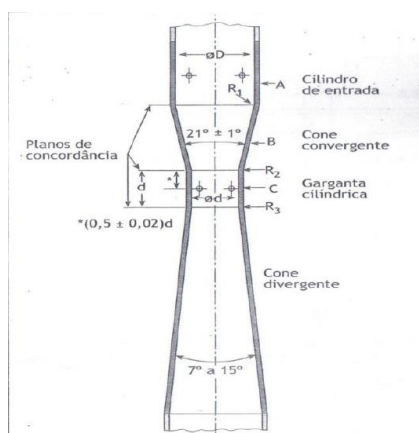


Figura 3. Projeto de um Tubo Venturi pela Norma ABNT NBR ISO 5167.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A partir da Norma NBR ISO 5167, o tubo Venturi produzido foi fabricado a partir de um processo de usinagem em um torno convencional, com um tarugo de Tecnyl com diâmetro de 75 mm e comprimento de 300 mm, usinando o mesmo de acordo com o projeto criado, conferindo ao medidor uma relação de diâmetro β igual a 0,5; sendo o projeto do medidor de vazão mostrado na Fig. 4.

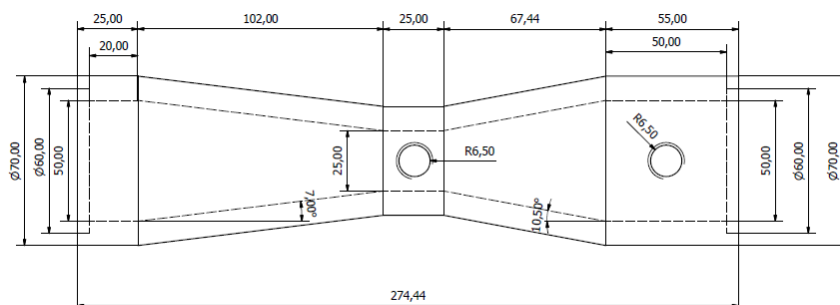


Figura 4. Projeto do Medidor de Vazão Venturi.

Após o processo de torneamento, realizou-se a abertura das tomadas de pressão em uma furadeira de bancada, sendo posteriormente confeccionadas as roscas. Finalizando a fabricação do equipamento, foi realizado um processo de lixamento manual para a retirada de cavaco fundido pelo processo de torneamento no interior do tubo Venturi e diminuição da perda de carga no mesmo.

A bancada de teste para realizações de experimentos com o tubo Venturi é composta por uma planta de vazão com um sistema de tubulações com 50 mm de diâmetro, que apresenta um comprimento reto de tubulação a sua montante exigido pela norma NBR ISO 5167. Essa bancada de testes apresenta em seu ramal de alimentação um reservatório em polietileno com capacidade de 1000 litros, possuindo uma tubulação em PVC (Policloreto de Polivinila) de 50 mm de diâmetro, contando também com uma válvula de globo, um motor bomba e outros componentes. O ramal principal da bancada apresenta componentes como válvulas globo e gaveta para auxílio no controle da passagem do fluido e de sua vazão, respectivamente; um rotâmetro com marcação de 0,6 a 6 m³/h e um tubo Venturi ligado a um manômetro de coluna. Sendo assim, a partir da Tabela 1, o comprimento reto mínimo a montante do medidor projetado é de 325 mm. Para realização dos testes do medidor de vazão foi utilizado como fluido de trabalho Água a 20 °C, cuja massa específica é 998 Kg/m³.



Figura 5. Bancada Experimental.

A finalização do trabalho se deu a partir de uma modelagem do Tubo Venturi realizada no software ANSYS CFX 15.0, onde a mesma foi iniciada pelo desenho do fluido que preenche o medidor de vazão, com isso criou-se uma malha Hexaédrica medindo 0,001 metro totalizando em 407728 elementos e 428337 nós. Após a definição da malha da simulação, partiu-se para o processo de caracterização, inicialmente escolheu-se o modo de turbulência K-Epsilon para a simulação, posteriormente foram inseridos os dados de entrada e saída de vazão mássica no modelo, considerando o escoamento em regime permanente. Por fim, foram instalados pontos de controle de pressão nos mesmos pontos das tomadas de pressão do modelo real, sendo o primeiro ponto de controle o do cilindro a montante da garganta cujas coordenadas (x;y;z) em metros foram (0,025; 0,025; 0) e o segundo ponto de controle o da garganta cujas coordenadas em metros foram (0,12994; 0,025;0); com isso foram realizadas medições de pressão para os diferentes valores de vazões adotados, utilizando os dados obtidos para o cálculo dos Coeficientes de Descarga e comparando os valores obtidos computacionalmente com o obtidos experimentalmente.

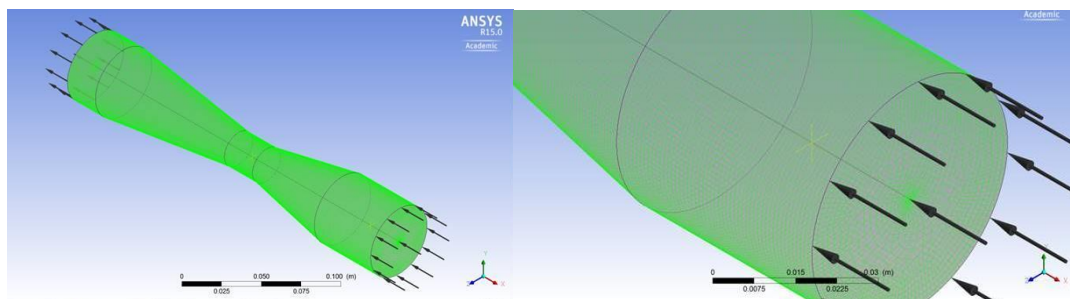


Figura 6. Modelo Computacional do Tubo Venturi no Ansys CFX.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os experimentos utilizando o Tubo Venturi foram realizados a através do escoamento de Água a 20 °C com valores de vazões diferentes, sendo assim foram feitas medidas de diferença de pressão para essas vazões, podendo assim conhecer o valor do coeficiente de Descarga para um determinado valor de vazão, como também o valor do Numero de Reynolds. O escoamento da água se deu através do motor bomba, cuja vazão foi medida por um Rotâmetro com marcação de 6 m³/h a 0,6 m³/h, sendo assim, foram realizados 5 medições para cada vazão de 6 m³/h a 1,8 m³/h onde a variação de vazão foi obtida através de uma válvula de gaveta presente na bancada. Para esses valores de vazão foram calculados os Números de Reynolds. A diferença de pressão entre a montante e a garganta do Tubo Venturi foi calculada a partir da diferença de altura de um manômetro de coluna, no qual é utilizado Mercúrio (Hg) para qual foi considerada uma massa específica (ρ) igual a 13600 kg/m³. Após conhecer os valores de vazão, as diferenças de pressão no Venturi e as propriedades da água, o Coeficiente de Descarga (C_d) foi calculado a partir da Eq. 3, para as diversas medições. As Tab. 2 a 9 apresentam os dados obtidos nos experimentos, bem como, os parâmetros relevantes calculados.

Tabela 2. Dados e Valores obtidos para vazão de 6 m³/h.

Vazão Teórica (m ³ /h)	Vazão Teórica (kg/s)	Altura a Montante (m)	Altura na Garganta (m)	Diferença de Pressão (Pa)	Numero de Reynolds	Coeficiente de Descarga
6,000	1,663	-0,022	0,02	5190,688	42021,107	1,019
6,000	1,663	-0,021	0,021	5190,688	42021,107	1,019
6,000	1,663	-0,022	0,02	5190,688	42021,107	1,019
6,000	1,663	-0,021	0,022	5314,276	42021,107	1,007
6,000	1,663	-0,02	0,021	5067,100	42021,107	1,032
Média do Coeficiente de Descarga						1,019

Tabela 3. Dados e Valores obtidos para vazão de 5,4 m³/h.

Vazão Teórica (m ³ /h)	Vazão Teórica (kg/s)	Altura a Montante (m)	Altura na Garganta (m)	Diferença de Pressão (Pa)	Numero de Reynolds	Coeficiente de Descarga
5,400	1,497	-0,019	0,017	4449,161	37818,996	0,991
5,400	1,497	-0,018	0,018	4449,161	37818,996	0,991
5,400	1,497	-0,020	0,017	4572,749	37818,996	0,977
5,400	1,497	-0,018	0,019	4572,749	37818,996	0,977
5,400	1,497	-0,017	0,018	4325,573	37818,996	1,005
Média do Coeficiente de Descarga						0,988

Tabela 4. Dados e Valores obtidos para vazão de 4,8 m³/h.

Vazão Teórica (m ³ /h)	Vazão Teórica (kg/s)	Altura a Montante (m)	Altura na Garganta (m)	Diferença de Pressão (Pa)	Numero de Reynolds	Coeficiente de Descarga
4,800	1,331	-0,015	0,013	3460,459	33616,885	0,999
4,800	1,331	-0,015	0,014	3584,047	33616,885	0,981
4,800	1,331	-0,015	0,013	3460,459	33616,885	0,999
4,800	1,331	-0,014	0,015	3584,047	33616,885	0,982
4,800	1,331	-0,014	0,015	3584,047	33616,885	0,981
Média do Coeficiente de Descarga						0,988

Tabela 5. Dados e Valores obtidos para vazão de 4,2 m³/h.

Vazão Teórica (m³/h)	Vazão Teórica (kg/s)	Altura a Montante (m)	Altura na Garganta (m)	Diferença de Pressão (Pa)	Numero de Reynolds	Coefficiente de Descarga
4,200	1,164	-0,012	0,011	2842,520	29414,775	0,964
4,200	1,164	-0,011	0,012	2842,520	29414,775	0,964
4,200	1,164	-0,012	0,011	2842,520	29414,775	0,964
4,200	1,164	-0,011	0,013	2966,108	29414,775	0,944
4,200	1,164	-0,011	0,012	2842,520	29414,775	0,964
Média do Coeficiente de Descarga						0,960

Tabela 6. Dados e Valores obtidos para vazão de 3,6 m³/h.

Vazão Teórica (m³/h)	Vazão Teórica (kg/s)	Altura a Montante (m)	Altura na Garganta (m)	Diferença de Pressão (Pa)	Numero de Reynolds	Coefficiente de Descarga
3,600	0,998	-0,008	0,008	1977,405	25212,664	0,991
3,600	0,998	-0,008	0,008	1977,405	25212,664	0,991
3,600	0,998	-0,009	0,008	2100,993	25212,664	0,961
3,600	0,998	-0,007	0,008	1853,817	25212,664	1,023
3,600	0,998	-0,008	0,009	2100,993	25212,664	0,961
Média do Coeficiente de Descarga						0,986

Tabela 7. Dados e Valores obtidos para vazão de 3 m³/h.

Vazão Teórica (m³/h)	Vazão Teórica (kg/s)	Altura a Montante (m)	Altura na Garganta (m)	Diferença de Pressão (Pa)	Numero de Reynolds	Coefficiente de Descarga
3,000	0,001	-0,006	0,005	1359,466	21010,554	0,996
3,000	0,001	-0,006	0,005	1359,466	21010,554	0,996
3,000	0,001	-0,007	0,006	1606,642	21010,554	0,916
3,000	0,001	-0,005	0,006	1359,466	21010,554	0,996
3,000	0,001	-0,005	0,006	1359,466	21010,554	0,996
Média do Coeficiente de Descarga						0,980

Tabela 8. Dados e Valores obtidos para vazão de 2,4 m³/h.

Vazão Teórica (m³/h)	Vazão Teórica (kg/s)	Altura a Montante (m)	Altura na Garganta (m)	Diferença de Pressão (Pa)	Numero de Reynolds	Coefficiente de Descarga
2,400	0,665	-0,004	0,003	865,115	16808,443	0,999
2,400	0,665	-0,003	0,003	741,527	16808,443	1,079
2,400	0,665	-0,004	0,003	865,115	16808,443	0,999
2,400	0,665	-0,003	0,004	865,115	16808,443	0,999
2,400	0,665	-0,002	0,004	741,527	16808,443	1,079
Média do Coeficiente de Descarga						1,031

Tabela 9. Dados e Valores obtidos para vazão de 1,8 m³/h.

Vazão Teórica (m³/h)	Vazão Teórica (kg/s)	Altura a Montante (m)	Altura na Garganta (m)	Diferença de Pressão (Pa)	Numero de Reynolds	Coefficiente de Descarga
1,800	0,499	-0,002	0,003	617,939	12606,332	0,886
1,800	0,499	-0,002	0,002	494,351	12606,332	0,991
1,800	0,499	-0,003	0,002	617,939	12606,332	0,886
1,800	0,499	-0,002	0,003	617,939	12606,332	0,886
1,800	0,499	-0,001	0,003	494,351	12606,332	0,991
Média do Coeficiente de Descarga						0,928

A modelagem Computacional realizada no software ANSYS CFX 15.0 apresentou valores com tolerâncias de 10^{-5} , sendo realizadas em média 100 interações para cada simulação. A partir dos resultados de diferença de pressão obtidos,

foram realizados os cálculos de Coeficiente de Descarga (C_d) a partir da Eq. 3. Os resultados obtidos estão representados na Tab. 10.

Tabela 10. Resultados Computacionais.

Vazão Teórica (m ³ /h)	Vazão Teórica (kg/s)	Diferença de Pressão (Pa)	Numero de Reynolds	Coeficiente de Descarga
6,000	1,663	5587,000	42021,107	0,982
5,400	1,497	4529,000	37818,996	0,982
4,800	1,331	3581,000	33616,886	0,982
4,200	1,164	2750,000	29414,775	0,980
3,600	0,998	2020,000	25212,664	0,980
3,000	0,832	1400,000	21010,554	0,981
2,400	0,665	900,000	16808,443	0,979
1,800	0,499	510,000	12606,332	0,976

A norma NBR ISO 5167 ao se referir a tubos Venturi com convergente usinado, apresenta valores esperados de Coeficiente de Descarga para escoamentos com Numero de Reynolds entre 5×10^4 e 2×10^8 , relatando que para escoamentos fora dessa faixa apresentam valores de Coeficiente de Descarga com grandes valores de incerteza, sendo que no caso desse trabalho os escoamentos apresentaram Numero de Reynolds na faixa entre 1×10^4 e $4,5 \times 10^4$, assim não foi possível comparar os resultados obtidos com os valores apresentados pela Norma, porém Munson et al., (2004) apresenta o gráfico mostrado na Fig. 7, que apresenta valores de Coeficiente de Descarga para a faixa de Numero de Reynolds dos experimentos.

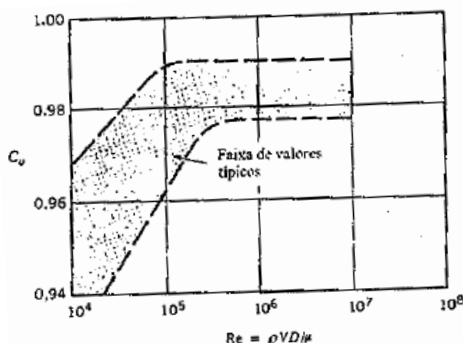


Figura 7. Gráfico do Coeficiente de Descarga x Número de Reynolds apresentado por Munson.

Comparando os resultados obtidos experimentalmente com os resultados computacionais, observa-se que os valores experimentais foram bem próximos dos computacionais, onde o maior erro experimental obtido foi para a vazão volumétrica de 2,4 m³/h com um valor de 5,27%, já o menor erro se deu para a vazão volumétrica de 3 m³/h com um valor de aproximadamente 0,15%, esses erros podem ser atribuídos em sua maioria a erros de paralaxe.

Tabela 11. Valores Experimentais e Computacionais.

Vazão Teórica (m ³ /h)	Vazão Teórica (kg/s)	Numero de Reynolds	Coeficiente de Descarga Experimental	Coeficiente de Descarga Computacional	Erro (%)
6,000	1,663	42021,107	1,019	0,982	3,756
5,400	1,497	37818,996	0,988	0,982	0,630
4,800	1,331	33616,886	0,988	0,982	0,665
4,200	1,164	29414,775	0,960	0,980	2,055
3,600	0,998	25212,664	0,986	0,980	0,527
3,000	0,832	21010,554	0,980	0,981	0,147
2,400	0,665	16808,443	1,031	0,979	5,265

1,800	0,499	12606,332	0,928	0,976	4,863
-------	-------	-----------	-------	-------	-------

A partir de todos os dados obtidos com os experimentos e a simulação computacional, foi possível plotar o gráfico comparativo mostrado na Fig. 8.

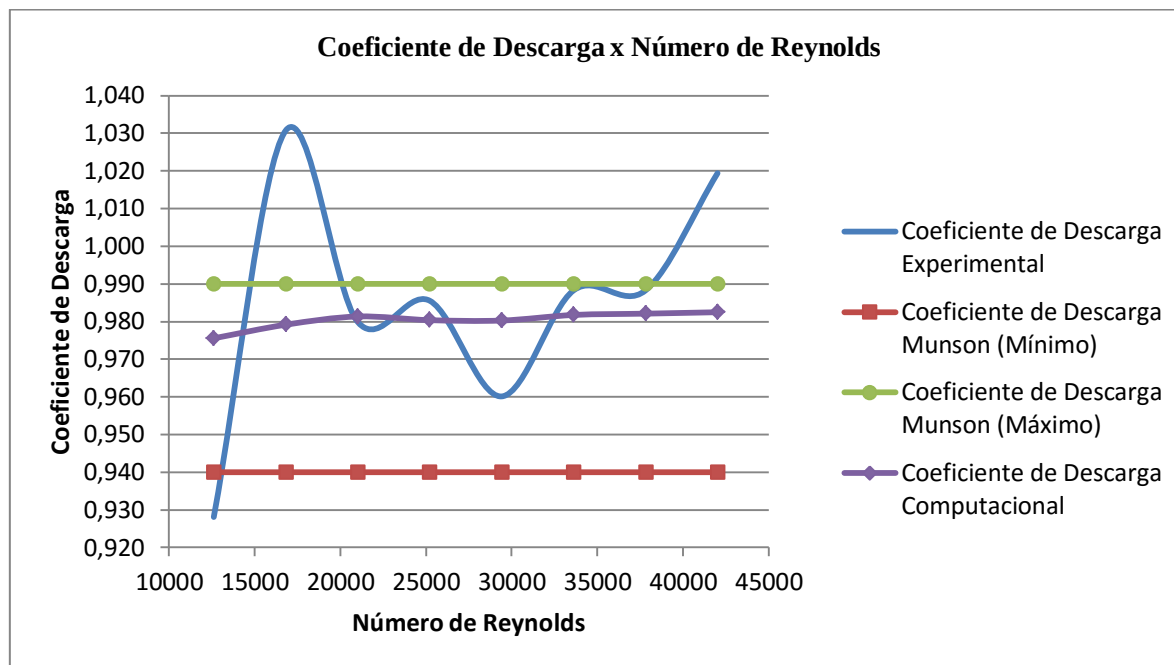


Figura 8. Gráfico Comparativo do Coeficiente de Descarga x Número de Reynolds.

Com o gráfico comparativo entre os Coeficientes de Descarga Experimental, Computacional e de Munson et al. (2004), fica evidente o comportamento satisfatório do Tubo Venturi Projetado.

6. CONCLUSÃO

A construção do medidor de vazão Tubo Venturi foi realizada com êxito a partir do seu projeto e de um processo de usinagem.

Os experimentos realizados com o Tubo Venturi projetado se deram em uma bancada de teste de forma satisfatória, conseguindo a coleta de todos os dados necessários para os cálculos posteriores.

A modelagem computacional do medidor de vazão realizada no software ANSYS CFX 15.0 foi considerada satisfatória a partir dos resultados demonstrados.

No presente trabalho foi possível aplicar os conceitos de mecânica dos fluidos para medição de vazão a partir da diferença de pressão, além disso, aplicou-se a norma NBR ISO 5167 para a construção do equipamento e aplicação de alguns requisitos do mesmo, constatando que este foi preciso para a aplicação desejada.

Os resultados experimentais e computacionais foram muito próximos, apresentando erros entre 0,15% e 5,27%, o que certifica a eficiência do medidor de vazão projetado, porém medidas como diminuição da rugosidade interna do equipamento e mudanças no acoplamento do mesmo na tubulação acarretaria numa diminuição da perda de carga, tornando o erro experimental menor.

Assim fica constatado que o objetivo de construção e validação do Tubo Venturi projetado foi alcançado e o mesmo pode vir a ser utilizado para medições de vazões, e experimentos de mecânica dos fluidos.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 5167**: Medição de vazão de fluidos por dispositivos de pressão diferencial, inserido em condutos forçados de seção transversal circular. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

DELMÉE, Gérard J.. **Manual de Medição de Vazão**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2003. 345 p.

FOX, Robert W.; PRITCHARD, Philip J.; MCDONALD, Alan T.. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2008. 706 p.

MUNSON, Bruce R.; YOUNG, Donald F.; OKIISHI, Theodore H.. **Fundamentos da Mecânica dos Fluidos**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2004. 571 p.

8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

O autor José Pinheiro da Silva Filho é o único responsável pelo conteúdo deste trabalho.

CONSTRUCTION AND MODELING OF A VENTURI'S FLOWMETER

José Pinheiro da Silva Filho, pinheiro_filho@hotmail.com¹

Viviane Maria Cavalcante Queiroz, vivianecavalcantee@gmail.com²

¹Universidade Federal Rural do Semi Árido - UFERSA, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva, Mossoró RN, CEP: 59.625-900.

²Universidade Federal Rural do Semi Árido - UFERSA, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva, Mossoró RN, CEP: 59.625-900.

Abstract: *This article consists in a construction of a flowmeter for pressure difference kind of Venturi Tube, that started with a Literature Review about: statements of fluid mechanics related to flow measurements by pressure difference; standard ABNT NBR ISO 5167, that governs all requirements for the construction of a pressure difference flowmeters; among other relevant issues. Afterwards, the project was made and construction of Venturi Tube, which was installed in a flow plan, accordingly to all the requirements of the standard, and then made experiments to calculate the flowmeter discharge coefficient. Finally, the article was finished with simulations in the software ANSYS CFX, for comparison between experimental and computational data.*

Keywords: *Flow Measurement; Venturi Tube; Pressure Difference.*