

## **XXIV Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica – 11 a 15/09/2017 – Rio Grande – RS**

### **CONFECÇÃO DE UMA BANCADA EXPERIMENTAL PARA VISUALIZAÇÃO DE ESCOAMENTO TURBULENTO**

**José Leandro Vila, Lucas Henrique Dias, Pedro Henrique Mattos, Pedro Paulo de Almeida, Tiago de Melo**

Centro Universitário do Distrito Federal - UDF

SEP/SUL EQ704 / 904 Conj.A - Brasília / DF – Brasil - CEP 70390-045

jl.vila@hotmail.com

**RESUMO:** Osborne Reynolds, em sua bancada realizou em 1883 o experimento que provou a existência dos escoamentos laminar e turbulento, desde então grandes avanços foram alcançados nas diversas áreas da ciência dos fluidos. O escoamento turbulento é um fenômeno de ampla aplicação para a engenharia, que vão desde projetos de tubulações até aviões. Apesar do sucesso alcançado pela comunidade científica, há ainda a necessidade de aprofundar os conhecimentos acerca de um tema tão complexo, para tal o presente trabalho tem como objetivo confeccionar uma bancada experimental de cunho didático para a visualização do escoamento turbulento, para gerar o movimento turbulento foram utilizadas duas técnicas, para a geometria de visualização foi empregado um difusor cônico transparente e a injeção de um segundo escoamento nas tubulações do sistema para estimular a formação de vórtices; a bancada foi inteiramente produzida nos laboratórios da Universidade de Brasília – UNB, e do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

**Palavras-Chave:** Bancada experimental, Visualização, Escoamento Turbulento.

**ABSTRACT:** Osborne Reynolds, in his workbench made in 1883 the experiment which proved the existence of the laminar and turbulent flows, since then great advances were achieved in many areas of the science of fluids. The turbulent flow is a phenomenon of wide application to engineering, which go from tabulation projects to planes. Despite the success achieved by the scientific community, there is still the need of deepening the knowledge around a so complex theme, to so the present paper has the objective of manufacturing an experimental setup with a didactic nature to visualize the turbulent flow, to generate the turbulent movement two techniques were utilized, for the visualization's geometry was used a conical diffuser and the injection of a second flow in the system pipes to stimulate the formation of vortices; the setup were entirely made in the laboratories of the Universidade de Brasília – UNB, and Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

**Keywords:** Experimental setup, Visualization, Turbulent flow

### **INTRODUÇÃO**

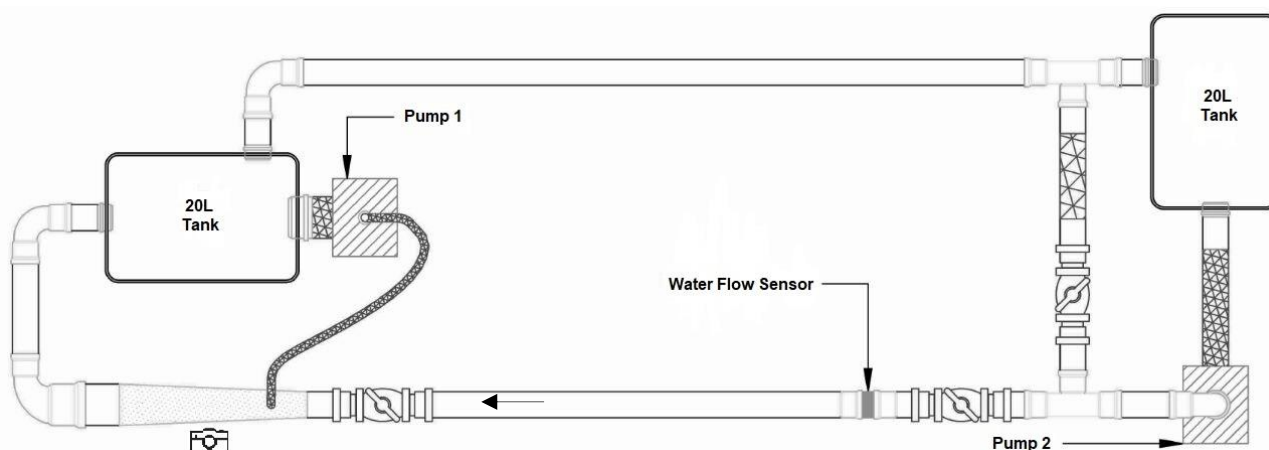
O estudo do escoamento de fluidos de Osborne Reynolds, com seu experimento tornou possível pela primeira vez a visualização da maneira que o fluido se comporta durante o escoamento, deu início em 1883 a inúmeros estudos e pesquisas acerca do tema para que se obtivesse um melhor entendimento do fenômeno analisado pelo experimento em questão. A experiência de Reynolds foi realizada em um tanque de água aliado de um convergente cônico, um tubo metálico, um tubo de vidro e uma válvula para o controle da vazão do escoamento, com a utilização de uma técnica de injeção de líquido colorido para tornar as linhas de escoamento visíveis; desse modo pela primeira vez se comprovou a existência dos escoamentos laminar e turbulento.

O escoamento turbulento é objeto de grande importância para diversas áreas da engenharia, que vão desde projetos de tubulações até aviões; é um regime originado pelas instabilidades em um escoamento laminar para altos Reynolds, é um movimento flutuante, desordenado e inevitável, White (2000). O fenômeno em questão aparentemente é caótico, mas como estudado por autores como White (2000) e Panofsky & Dutton (1984) se trata de um movimento regular e periódico. O presente trabalho para gerar o escoamento turbulento utilizou de duas técnicas, foi inserido um difusor cônico na tubulação da bancada, e a injeção de um segundo escoamento ao escoamento principal.

A ciência dos fluidos é uma área da engenharia mecânica que evolui constantemente, por isso diversos autores se interessam pelo tema e alcançam grandes sucessos em seus estudos, contudo o enfoque de parte dos autores tais como Coelho *et al* (2006), Liu & Bai (2015), Stylianou *et al* (2016), é a análise numérica do fenômeno de escoamento turbulento; já autores como Azad (1996), Neiva *et al* (2007), Wang *et al* (2002), se encarregaram de realizar estudos experimentais do escoamento. Por Johnson & Patel (1999), apesar do progresso alcançado acerca desse tipo de escoamento, obtido fundamentalmente por métodos experimentais, ainda existem diversos aspectos fenomenológicos não compreendidos em sua totalidade. O objetivo deste trabalho é contribuir com a comunidade científica com a confecção de uma bancada de cunho didático capaz de visualizar o escoamento turbulento da água; a bancada em questão foi inteiramente produzida nos laboratórios da Universidade de Brasília – UNB, e do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

## METODOLOGIA

Túneis hidrodinâmicos juntamente com outros tipos de aparatos tais como túneis de vento e canais de água, são ferramentas de fundamental importância em mecânica dos fluidos. Os ensaios presentes neste trabalho, foram realizados utilizando uma bancada experimental, afim de possibilitar a visualização do escoamento, dessa maneira foi inserido um difusor cônico transparente, onde um escoamento secundário foi introduzido no escoamento principal com a intenção de provocar a turbulência, para tal uma segunda bomba foi introduzida no projeto, sendo a responsável pela injeção desse escoamento, também foi desenvolvido um sistema para o controle das velocidades do escoamento principal, por meio do uso de registros e um sensor de vazão controlado por Arduino. O escoamento turbulento pode ser visualizado na região onde se encontra a geometria transparente, que neste caso é difusor cônico, e o sistema alimentado por dois tanques de 20 L de água e posta em movimento por duas bombas de 34 watts. A técnica utilizada para observar as linhas de corrente nesta pesquisa experimental foi a injeção de corante líquido por meio de uma agulha de injeção, técnica conhecida por *dye wash*, onde o a tinta utilizada foi o líquido PVA, o qual possui grande poder de tingimento e baixo custo de aquisição. Assumidas as características presentes na bancada, foi realizado um desenho esquemático da mesma, que pode ser visto em Fig.(1).

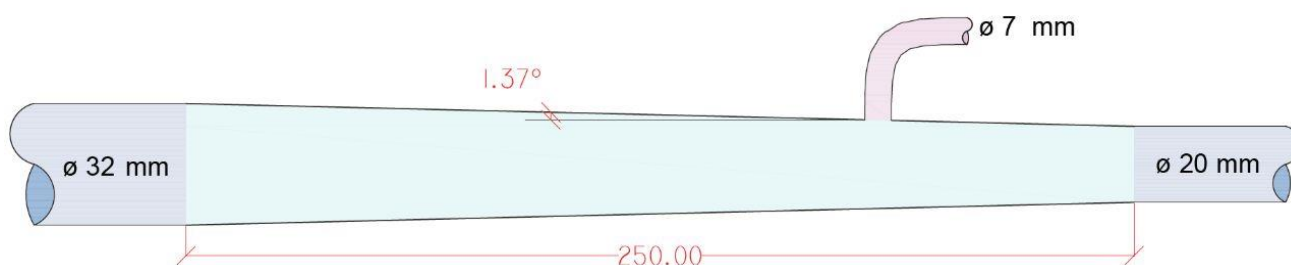


**Figura 1.** Representação esquemática da bancada

## Procedimento experimental

Neste contexto, o presente trabalho propõe avaliar o comportamento de um fluido newtoniano, (água), escoando, em regime permanente, em um canal circular, ilustrado na Fig. (1), onde a seta indica a direção do escoamento do fluido. O domínio é isolado, tendo apenas fluxo nas paredes horizontais (entrada e saída). O escoamento é incompressível, isotérmico e ocorre em regime permanente.

Seguindo as ideias a serem postas em prática, inicialmente foi confeccionado o difusor cônico transparente que tornaria a visualização possível. Para tal um molde foi fabricado com as seguintes dimensões: 20x32x250 mm, onde sua geometria era a de um tronco de cone. Foi também definido o local onde o seria introduzido o escoamento secundário, o diâmetro do subcanal foi de 7 mm e distante 27 mm da entrada do difusor para que por ali entrasse o segundo escoamento que seria responsável por estimular o movimento turbulento; a geometria do difusor cônico transparente pode ser visualizada na Fig.(2).



**Figura 2.** Representação esquemática do difusor cônico

Para conectar a entrada do escoamento secundário a sua bomba que lhe forneceria energia, foi utilizada uma mangueira de 7 mm de diâmetro e 590 mm de comprimento, essa que foi diretamente ligada a uma bomba de 34 watts; um dimmer foi instalado na bomba para que se pudesse controlar a velocidade desse escoamento. A bomba do escoamento principal também possui 34 watts de potência, esta por sua vez responsável por colocar o escoamento principal em movimento estava diretamente ligada ao difusor, a uma distância de 1270 mm; entre essa bomba e o difusor foram colocados dois registros e um sensor de vazão 1/2, Fig.(3) controlado por Arduino para que se pudesse controlar a vazão do escoamento se desejado, o que poderia contribuir com trabalhos futuros que seriam feitos retirando dados da bancada em questão.



**Figura 3.** Sensor de vazão 1/2.

Os tanques do sistema possuem 20 litros cada para que abasteçam a bancada com o fluido e então seja possível visualizar o seu escoamento. Esses foram produzidos a partir de baldes que tiveram suas tampas retiradas, para que se pudesse conectar os canos aos mesmos e também se tivesse um maior controle com relação ao que ocorre na bancada, podendo ter um maior controle sobre o fluido no sistema.

Para a montagem da bancada, foram utilizados 4 joelhos, 2 conexões do tipo T e cola araldite para colar as partes necessárias como a mangueira no difusor, e o difusor aos canos de entrada e saída. O diâmetro dos canos utilizados foi de 20 mm diâmetro em toda a bancada, apenas o cano de saída do difusor foi de 32 mm de diâmetro, esses foram cortados nas dimensões utilizadas por meio de uma serra de corte, e encaixados uns nos outros por meio das conexões citadas, sem cola.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao finalizar a confecção e montagem da bancada, que pode ser conferida nas Figs. (4,5) o resultado foi um equipamento capaz de gerar escoamentos turbulentos e permitir a visualização dos mesmos.



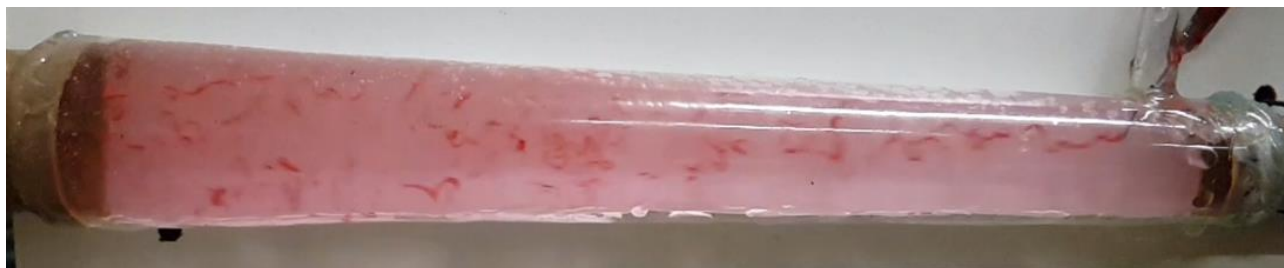
**Figura 4.** – Bancada para visualização de escoamento turbulento vista superior



**Figura 5.** – Bancada para visualização de escoamento turbulento vista isométrica

Após a conclusão dos testes foi observado o escoamento turbulento através do difusor cônico com sucesso, contudo devido ao conteúdo dos dois baldes ser composto apenas por água a visualização tem sua observação

dificultada, por isso para testes rápidos na bancada foi utilizada a técnica de injeção de tinta colorida na tubulação do sistema, a qual pode ser vista na Fig.(6), para que a visualização das linhas de escoamento fosse facilitada.



**Figura 6.** – Visualização do escoamento turbulento por meio da técnica de *dye wash*

Foi observado também que ao utilizar o dimmer na bomba responsável pelo escoamento principal, e ligando o mesmo em sua potência máxima, o escoamento perde intensidade desse modo prejudicando a visualização, por isso seria adequado a utilização de controle de velocidade nas duas bombas. A bancada se mostrou capaz de operar para números de Reynolds em um intervalo de  $4.224 \times 10^3$  a  $23.251 \times 10^3$ .

## CONCLUSÃO

O objetivo inicial da pesquisa foi confeccionar uma bancada de cunho didático que tornasse possível a visualização do escoamento turbulento, este foi alcançado pelos autores repercutindo num equipamento capaz de gerar resultados satisfatórios no que se diz respeito a visualização de um escoamento turbulento, uma vez que estes são fruto de elevados números de Reynolds. A obtenção de tal tornou-se possível devido ao controle do escoamento realizado por um registro e consequentemente os valores de vazão gerados em um sensor, permitindo o monitoramento, ainda que limitado, dos vórtices a serem visualizados através do difusor cônico quando maximizados pela injeção de um segundo escoamento nas tubulações do sistema. A produção desta bancada permite não apenas observar os comportamentos dos fluidos explorados por este trabalho, no caso o movimento turbulento, mas também fornecer dados para futuros trabalhos a respeito da periodicidade e regularidade dos seus desordenados movimentos flutuantes. Para futuros aperfeiçoamentos ao equipamento é interessante a adição de instalar medidores de pressão e teste com geometrias diferentes a de um difusor, para que diferentes tipos de escoamento possam ser estudados, dessa maneira mais pesquisas poderiam usufruir dos dados obtidos por esta bancada.

## REFERÊNCIAS

- Azad, R. S., 1996, "Turbulent Flow in a Conical Diffuser: a review", Experimental Thermal and Fluid Science, Vol.13, New York, United States, pp.318-337.
- Coelho, J. G., Junior, A. C. P. B., Noletto, L., 2006, "Escoamento Turbulento em Difusores Cônicos – simulações transientes", Anais da 5ª Escola de Primavera de Transição de Turbulência EPTT – 2006, ABCM, Rio de Janeiro, Brasil, ett-06-18.
- Liu, W., Bai, B., 2015, "A Numerical Study on Helical Vortices Induced by a Short Twisted Tape in a Circular Pipe", Case Studies in Thermal Engineering, Vol.5, pp.134-142.
- Neiva, R. Q., Sousa, A. J., Coelho, J. G., Junior, A. C. P. B., 2007, "Experimental and Numerical Study of the Swirling Flow in Conical Diffusers", 19th International Congress of Mechanical Engineering, ABCM, Brasília, Brasil.
- Johnson, P. A., and Patel, V. C., 1999, "Flow Past a Sphere up to a Reynolds Number of 300", Journal of Fluid Mechanics, Vol.378, Cambridge, United Kingdom, pp.19-70.
- Panofsky, H. A., Dutton, J. A., 1984, "Atmospheric Turbulence: Models and Methods for Engineering Applications", Ed.Wiley-interscience, New York, United States, Part.1.



**XXIV CREEM**  
Congresso Nacional de Estudantes  
de Engenharia Mecânica



**Universidade Federal  
do Rio Grande**



**INSTITUTO FEDERAL**  
**RIO GRANDE DO SUL**  
**Campus Rio Grande**

Stylianou, F. S., Pecknik, R., Kassinos, S. C., 2016, “Analyzing a Turbulent Pipe Flow via the One-point Structure Tensors: Vorticity Crawlers and Streak Shadows”, Computers and Fluids, Vol.140, pp.450-477.

Wang, C. C., Lo, J., Lin, Y. T., Liu, M. S., 2002, “Flow Visualization of Wave-type Vortex Generators Having Inline Fin-tube Arrangement”, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.45, pp.1933-1944.

White, F. M., 2000, “Viscous Fluid Flow”, Ed. DCW Industries, Inc., New York, United States.

### **DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE**

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.