

ESTUDO EXPERIMENTAL DO ESCOAMENTO AO REDOR DE UM CILINDRO DE BASE QUADRADA PRÓXIMO A UMA PLACA PLANA

Rodrigo Augusto Bassan, rodrigo_bassan@yahoo.com.br

Odenir de Almeida, odenir@mecanica.ufu.br

Sérgio Said Mansur, mansur@dem.feis.unesp.br

Edson Del Rio Vieira, delrio@dem.feis.unesp.br

Resumo. Neste trabalho, complexos fenômenos estruturais tratando-se em escoamento, são gerados por meio de uma protuberância cilíndrica de base quadrada posicionada próximo a uma placa plana, onde é experimentalmente estudadas por meio de visualização de escoamento e anemometria de filme quente. Dados qualitativos e quantitativos tem sido obtidos para numeros Reynolds até 1000.

Palavras chave: Visualização de escoamento, Tunel hidrodinamico vertical, Estruturas vorticais.

1. INTRODUÇÃO

Por longos anos são intensivamente estudados escoamentos ao redor de obstáculos cilíndricos, porém o problema de escoamento sobre uma simples protuberância montada transversalmente próximo a uma placa plana, tem sido pouco investigado. Neste caso, o campo de escoamento na placa é fortemente afetado pela presença da protuberância, Níveis de turbulência aumentam, modificando transferência de calor e coeficientes de arrasto. Assim é necessário conhecer o campo de de escoamento para melhorar o conceito de diversos tipos de equipamentos, como discutido por Lohász *et al.* 2006.

Várias ferramentas experimentais tem sido empregadas para o estudo deste tipo de problema, Visualização de escoamento tem permitido colocar em evidência a complexa topologia de estruturas vorticais geradas nas proximidades da protuberância Bassan *et al.* (2011).

No presente trabalho, a combinação de ferramentas de visualização de escoamento e anemometria de filme quente são utilizadas para investigar o escoamento incompressível e isotérmico passando ao redor de um corpo cilíndrico de base quadrada, localizado transversalmente próximo a uma placa plana, como mostra a Figura 1. Recirculações, descolamento de camada limite, estruturas vorticais e outros compexos mecanismos são identificados por meio da visualização. Enquanto os dados obtidos por anemometria de filme quente permite obter sinais de tensão que são convertidos em velocidade e também pode adquirir dados referentes a frequência de emissão de vórtices a jusante da protuberância.

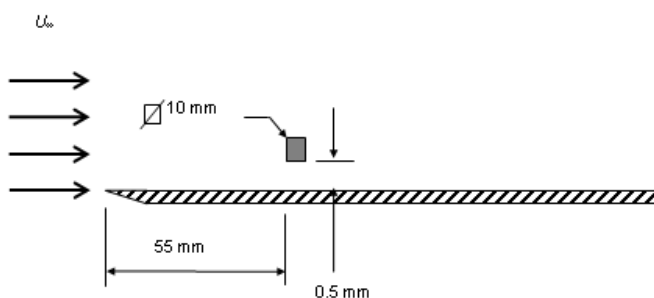


Figura 1. Corpo prismático posicionado próximo a uma placa plana

2. APARATO EXPERIMENTAL

Os experimentos tem sido desenvolvidos para numero de Reynolds até 1000, em um tunel hidrodinâmico vertical de baixa turbulência onde o mesmo possui uma seção de testes com as seguintes dimensões $146 \times 146 \times 500$ mm. Como descrito por Bassan *et al.* (2011). A Figura 2. Mostra esquematicamente o túnel hidrodinâmico vertical.

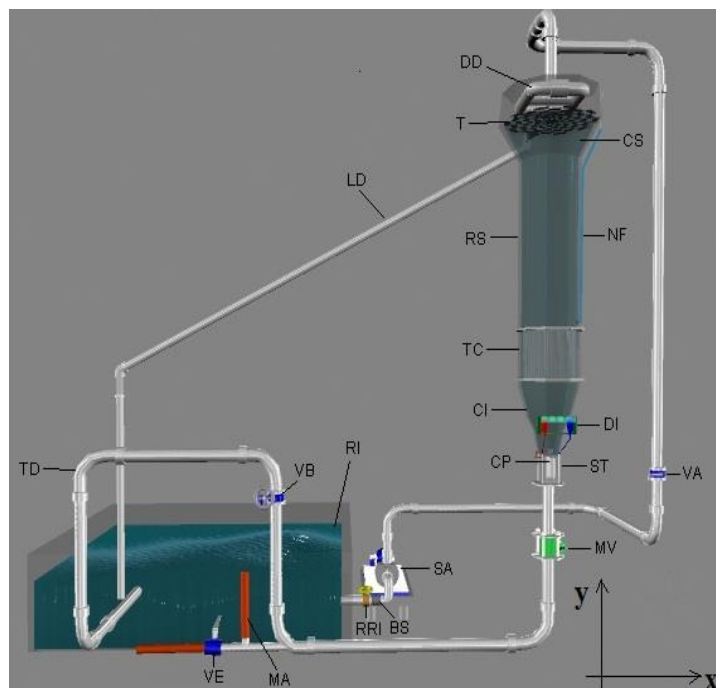


Figura 2. Ilustração do túnel hidrodinâmico vertical.

O aparato experimental é composto de um reservatório superior (RS) munido de tela (T), telas e colméias (TC), uma contração inferior (CI), uma contração superior (CS) e em sua parte externa se encontra um nível do fluido (NF), um difusor de injeção (DI) no qual armazena o corante líquido pressurizado, uma seção de testes (ST), corpo de prova (CP), um medidor de vazão magnético (MV), uma válvula do tipo borboleta (VB) que permite o controle da vazão do escoamento no interior da seção de testes, seguindo para a tubulação de descarga (TD). Logo abaixo da (VB) na tubulação do subsolo compõe uma mangueira de alimentação (MA) e uma válvula de escape (VE). O ladrão (LD) situado no topo do túnel, limita o nível no reservatório superior evitando assim o transbordamento.

Completando a instalação, o sistema de abastecimento (SA) é composto por um registro do reservatório inferior (RRI) de 75 mm seguido de um borracha sanfonada (BS) para atenuar vibrações á parede do reservatório inferior, na qual posteriormente esta inserida uma bomba centrífuga que é instalada na sala de máquinas, ao lado do laboratório no subsolo. Com uma válvula de alimentação tipo borboleta (VA), instalada no interior do laboratório, e a tubulação, que em sua parte superior, dispõe de um difusor de descarga (DD), que denomina-se como um chuveiro em forma de um H fechado.

Todos os componentes deste aparato experimental são de material plástico ou de aço inoxidável, para evitar corrosão e a conseqüente contaminação da água de trabalho, além de preservar a vida útil das diferentes instrumentações a diminuir as reposições da água de trabalho.

A taxa volumétrica do escoamento tem sido determinado utilizando um medidor de vazão eletromagnético. A incerteza desse equipamento é inferior a 4%, chegando a uma incerteza máxima menor que 5% no numero de Reynolds (o numero de Reynolds é baseado na altura do corpo, o qual é 10 mm). Figura 3 mostra a velocidade de corrente livre e o nível de turbulência produzido na seção de teste.

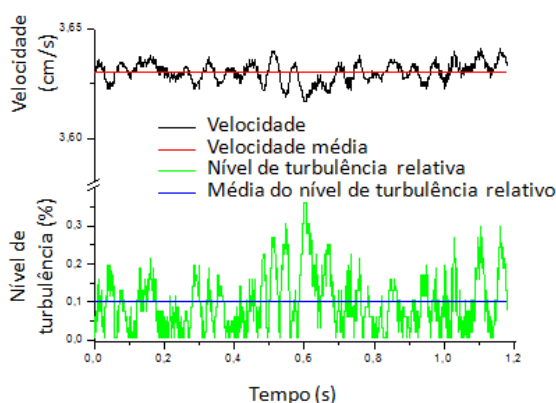


Figura 3. Medidas de níveis turbulência e velocidade na seção de teste do túnel hidrodinâmico vertical

3. Resultados

Os resultados incluem varias imagens do escoamento visualizado e observados sua fenomenologia de acordo com o numero de Reynolds, nesse artigo apresenta-se alguns resultados dos trabalhos desenvolvido, tais números de Reynolds, como: 29,118,272,378,557,675,848 e 993. A figura 4 apresentam algumas fenomenologias

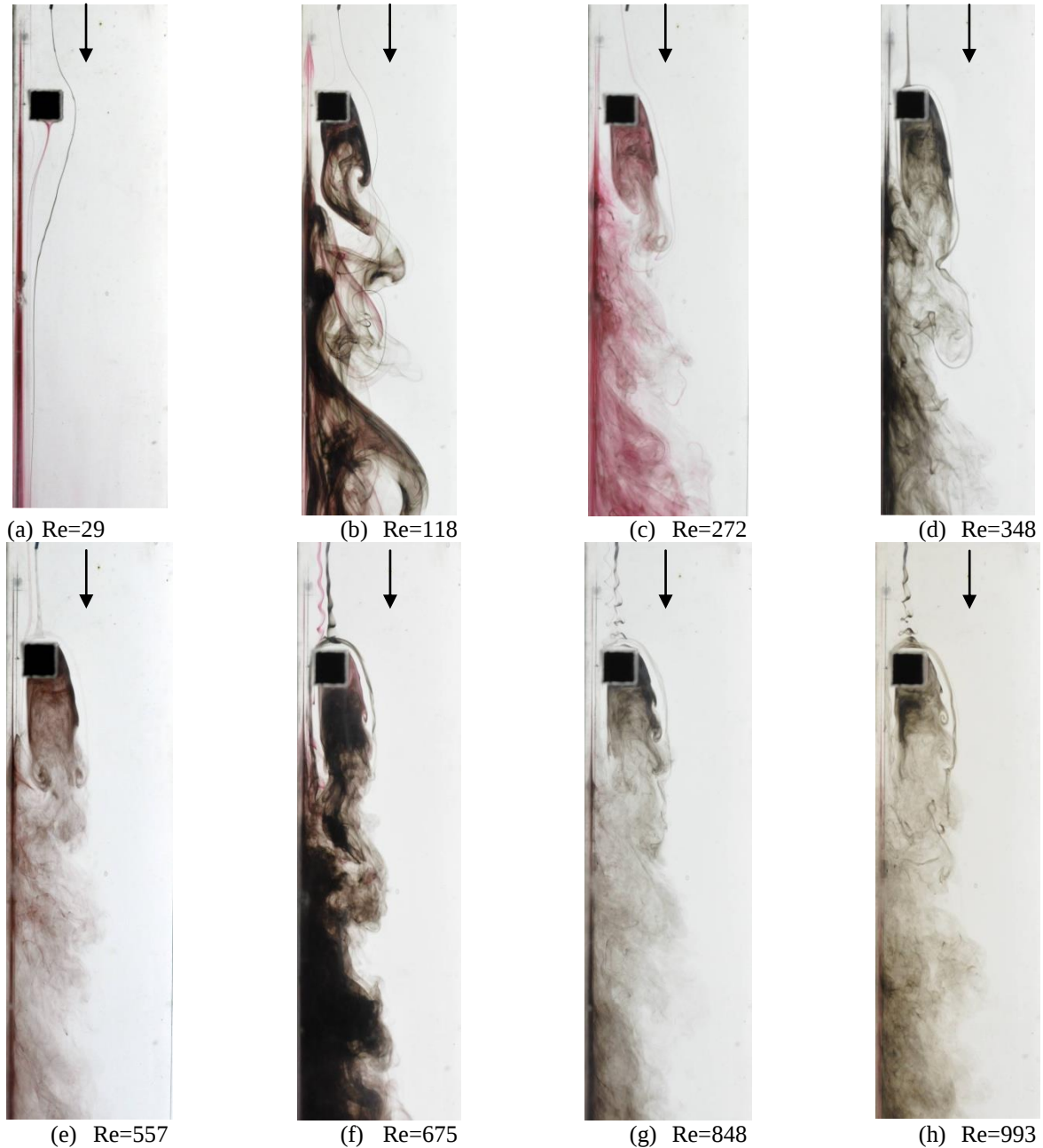


Figura 4. Visualização de escoamento para diferentes numero de Reynolds

Pode se observar o corante liquido inserido na seção de testes onde se encontra a placa e o corpo de prova em análise. O fluxo ocorre descendente, como indicado pela seta. Para $Re=29$ o descolamento ocorre frente ao corpo, ou seja na jusante ao corpo cilíndrico retangular, enquanto que na placa o descolamento é praticamente mínimo. Com aumento do numero de Reynolds há o surgimento de estruturas coerentes e o descolamento é antecipado como pode ser visualizado na aresta lateral superior direita para $Re=118$, e é observado também que o descolamento na parede apresenta estruturas coerentes.

Estruturas coerente a jusante do corpo podem ser visualizadas com o acréscimo da velocidade como observado a formação de vórtices alternados para os $Re=272$. Para $Re=348$ torna-se difícil de visualizar as estruturas geradas na parede próximo ao corpo. Uma estrutura interessante é gerada para $Re=557$, sendo na jusante do corpo a formação de

dois vórtices praticamente simétricos sendo um horário á direita e o outro anti-horário á esquerda. É observado para $Re=675$ que o corante líquido percebe o corpo a sua montante e o desvia e a jusante do corpo há um fluxo adverso ao escoamento. Esse fluxo adverso acontece para outros casos como representados da Fig. 4 (b) até a (h).

Para $Re=848$, observa-se ao lado direito do corpo a formação de instabilidade tipo kelvin-Hemoltz, enquanto que essas instabilidades tendem a ser antecipadas com o aumento do numero de Reynolds como mostrada para $Re=993$.

Por meio de dados adquiridos pela sonda de filme quente, foi levantado a curva da frequência de emissão de vórtices em função do Reynolds figura 5(a), adicionalmente foi levantado o gráfico do Strouhal em função do Reynolds como mostra a figura 5(b).

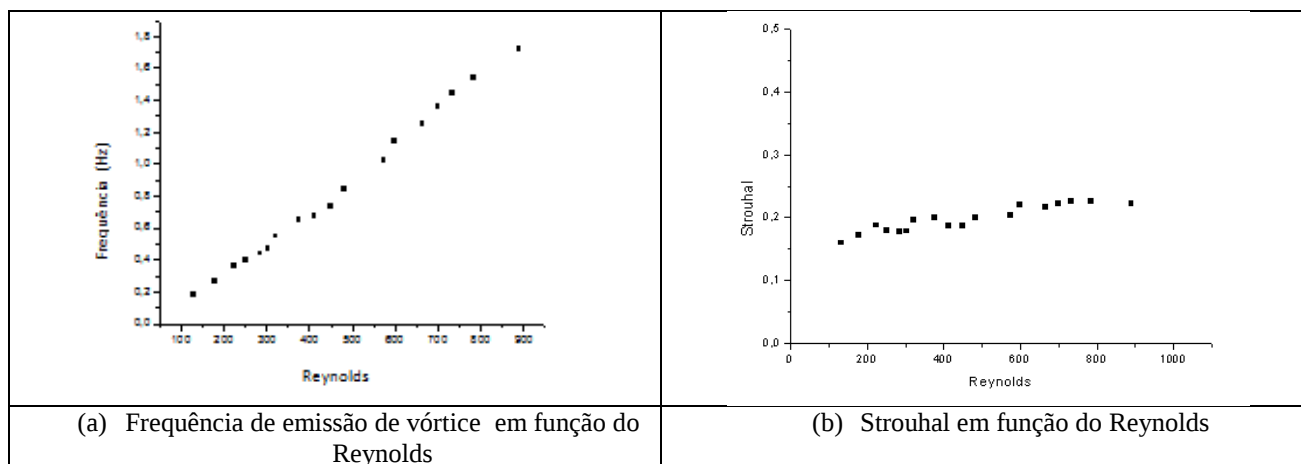


Figure 5. Análise de frequência e Strouhal em função do Reynolds.

Pode observar no gráfico que com o aumento do numero de Reynolds há um aumento praticamente linear na frequência de emissão de vórtices á jusante do corpo de prova.

4. CONCLUSOES

Neste trabalho, visualização de escoamento por injeção de líquido e medidas de anemometria de filme quente tem sido desenvolvida para obter informações qualitativas e quantitativas sobre o escoamento ao redor de um cilindro quadrado, posicionado transversalmente próximo a uma placa. O escoamento ao redor de protuberância quadrada localizada na vizinhança de uma placa plana pode ser vista como uma grande gama de complexidade de fenomenologia. A presença da placa plana cria uma condição assimétrica nos campos de pressão e velocidade entorno do cilindro.

É muito importante posicionar a sonda de filme quente corretamente abaixo do corpo para obter o melhor sinal possível. Para isso a ferramenta de visualização de escoamento, auxilia para a posição mais adequada da sonda de filme quente no escoamento.

5. AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi desenvolvido com apoio do CNPq, FAPESP, CAPES e da Fundunesp.

5. REFERENCIAS

- Bassan, R.A.; Mansur S.S. and Vieira, E.D.R., 2011, "Rebuilt of a Vertical Hydrodynamic Tunnel", proceedings of the COBEM 2011 - 21st Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Natal, RN, Brazil.
- Bassan, R.A.; Almeida, O.; Mansur S.S. and Vieira, E.D.R., 2012, "Steady and Unsteady Flow Visualization Inside a Channel with Wall Square Protuberances in Moderate Reynolds Numbers", proceedings of the ICEM 2012 - 15th International Conference on Experimental Mechanics, Porto, Portugal.
- Lohász, M.M.; Rambaud P. and Benocci, C., 2006, "Flow Features in a Fully Developed Ribbed Duct Flow as a Result of LES", proceedings of the ETMN6 – International Conference on Engineering Turbulence Measurement and Modelling, Italy.
- Rivir, R.B.; Chyu, M. and Maciejewski, P.M., 1996, "Turbulence and Scale Measurements in a Square Channel with Transverse Square Ribs", International Journal of Rotating Machinery, Vol. 2, pp.209-218.