

VISUALIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE ESCOAMENTO EM UM CANAL COM DUAS PROTUBERÂNCIAS PARIETAIS DE SEÇÃO RETANGULAR

Rodrigo Augusto Bassan, rodrigo_bassan@yahoo.com.br

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

Sergio Said Mansur, mansu@dem.feis.unesp.br

Odenir de Almeida, odenir@mecanicaufu.br

Resumo: Visualização de escoamento tem sido uma valiosa ferramenta para o esclarecimento do comportamento dos fluidos. Ao longo de anos, técnicas de visualização foram empregadas para a compreensão dos fenômenos do escoamento. Dessa forma a presente pesquisa utilizou técnicas experimentais para gerar informações qualitativas quanto ao comportamento de um fluido escoando em um canal retangular com duas protuberâncias quadradas distando 20 mm entre elas em uma das paredes internas.

Palavras-chave: Tunel hidrodinâmico vertical, injeção de corantes, corante líquido

1. INTRODUÇÃO

Uma imagem pode condensar gigabytes de informação, e tornar mais fácil a interpretação da informação biológica, médica, meteorologia ou física. A metodologia para transformar dados em informação visual - em outras palavras, a técnica que os cientistas utilizam para gerar e interpretar imagens - é chamado de visualização, e oferece um formulário para ver o invisível. Visualização de escoamento pode ser definida como a arte e a ciência de obter uma imagem clara de um campo de fluxo físico e a capacidade de capturar em película química ou dispositivos eletrônicos para processamento posterior (Freymuth, 1993).

Em mecânica dos fluidos aplicada, o projeto otimizado da maioria dos equipamentos depende do conhecimento adquirido sobre as características de fluxo dentro de diferentes componentes. Em tais fluxos, mecanismos complexos são quase sempre presentes, cuja natureza completa pode não ser revelado exclusivamente por meio de medições pontuais, como é normalmente realizado com a ajuda de fios de aquecimento como de anemometria de filme quente. Em muitos casos, esta medições locais não permitem observar um comportamento de escoamento e de toda a topologia detalhada do escoamento perto dos pontos de medição. Por outro lado, a visualização de escoamento representa uma ferramenta eficiente para a análise qualitativa do movimento de fluido, proporcionando problemas topológicos sobre campos de escoamento.

Onur & Baydar [3] investigaram um escoamento fluindo por um canal o qual continha uma protuberância, sendo esta um cilindro de base quadrada unida a uma das paredes. Nesse estudo experimental utilizando ar como fluido de trabalho permitiu identificar cinco regiões de circulações em diferentes localizações no interior do canal.

Os trabalhos de Vieira [4] e Lohász [5] apresentam um estudo utilizando simulação numérica bidimensional de um escoamento em um canal contendo uma protuberância junto a parede, utilizando números de Reynolds da ordem de 10^4 e mostra a complexidade desse tipo de escoamento.

Dessa forma, no escoamento em um canal, com protuberância parietal, diversas estruturas turbulentas podem ser observadas, tais como recirculações, estagnações, vórtices e descolamentos.

Visualização do escoamento pode ser realizada por meio de gases e líquidos, mas a utilização de água como fluido de trabalho apresenta uma possibilidade de empregar inúmeras técnicas diferentes para a obtenção de imagens de escoamento detalhados. Uma iluminação adequada gera boas imagens com resultados surpreendentes.

2. PROPÓSITO

Neste contexto, o presente trabalho propõe avaliar o comportamento de um fluido newtoniano escoando, em regime permanente, em um canal retangular com três protuberâncias, ilustrado na Fig. 01, onde a seta indica a direção do escoamento do fluido e a parte na cor cinza é a região sólida.

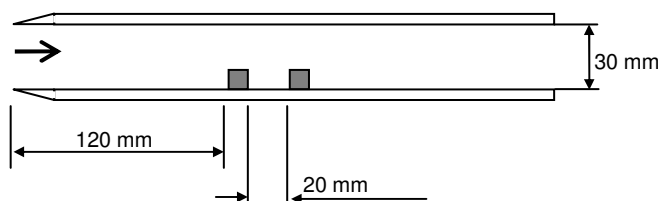


Figura 01. Canal retangular com protuberâncias – geometria do problema estudado

O domínio é isolado e sem fluxo de massa nas paredes horizontais da Fig. 01, tendo apenas fluxo nas paredes verticais (entrada e saída). O escoamento é incompressível, isotérmico e ocorre em regime permanente. Esse estudo se deu através das técnicas de visualização experimental de escoamento em um túnel hidrodinâmico vertical.

3. MÉTODOS

3.1. Metodologia Experimental

Túneis hidrodinâmicos juntamente com outros tipos de aparatos como: túneis de vento e canais de água, são ferramentas com fundamental importância em mecânica dos fluidos.

Todos os ensaios aqui no presente trabalho, foram realizados com a utilização de um túnel hidrodinâmico vertical de baixa turbulência, munido de uma seção de teste, cujo, as dimensões são $146 \times 146 \times 500$ mm, adicionalmente no centro desta seção encontra-se inserido o canal em estudo medindo $146 \times 30 \times 340$ mm e a protuberância com as seguintes dimensões $146 \times 10 \times 10$ mm.

A técnica realizada para observar as linhas de correntes na presente pesquisa experimental, foi a utilização do corante líquido PVA, (disponível comercialmente nas lojas de materiais de material de construção) com um grande poder de tingimento e de baixo custo de aquisição, à qual foi adicionada uma pequena quantidade de álcool etílico, para tornar a densidade da mistura mais próxima à da água, e evitar convecção em ensaios a número de Reynolds muito baixos.

Nas visualizações efetuadas ao longo deste trabalho utilizou-se uma agulha retrátil, que permitiu injetar o corante sobre o modelo de testes e, logo em seguida, a mesma foi recolhida para junto da parede da seção de testes. Esse método é conhecido como “dye wash”, no qual consiste na injeção de uma grande quantidade de corante líquido sobre os modelos de prova, durante um certo período. O excesso de corante é rapidamente removido pelo escoamento nas regiões de maior velocidade, permanecendo por mais tempo nas zonas de velocidade menos elevada, notadamente na base dos corpos, tornando possível a visualização de toda a região da esteira.

O procedimento da utilização da agulha retrátil é fundamental para evitar a influência da esteira produzida pela agulha sobre o escoamento, tal influência é capaz de provocar uma deformação significativa no perfil de velocidade da corrente livre, que incide sobre o modelo de testes.

O aparato experimental encontra-se localizado no Laboratório de Visualização de Escoamento no Campus da UNESP- Universidade Estadual Paulista, na cidade de Ilha Solteira, O equipamento recentemente reconstruído está esboçado esquematicamente na Fig. 02.

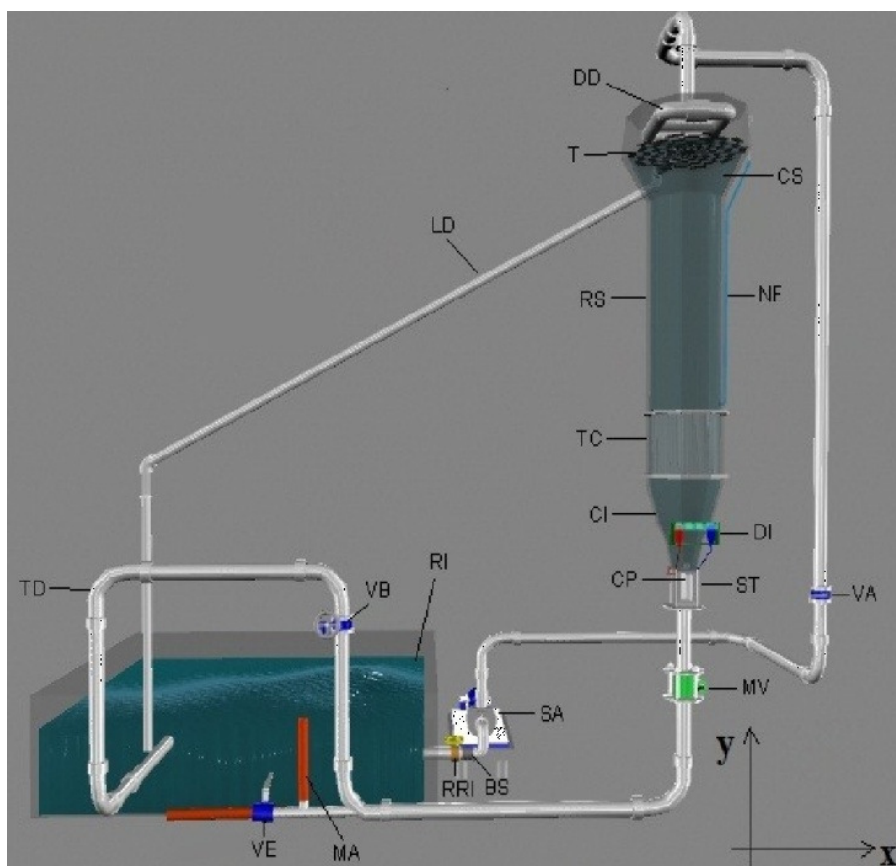


Figura 2. Ilustração do túnel hidrodinâmico vertical.

Todo o conjunto 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 à 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 e diminuir as reposições constantes do fluido de trabalho.

4. RESULTADOS

Os resultados no presente trabalho foram realizados com os seguintes números de Reynolds: 8; 50; 100; 268; 336; 416; 742 e 903, como mostra a figura 03.



(a) $Re \cong 8$



(b) $Re \cong 50$



(c) $Re \cong 100$



(d) $Re \cong 268$



(e) $Re \cong 336$



(f) $Re \cong 416$



(g) $Re \cong 742$



(h) $Re \cong 903$

Figura 03. Resultado experimental para diferentes número de Re .

5. DISCUSSÃO

A Figura 3(a), ($Re = 8$), mostra o escoamento com número de Reynolds relativamente baixo, no qual os efeitos de inércia são pouco perceptíveis. Para Reynolds mais elevados, como na Figura 3(b), ($Re = 50$), o escoamento sofre evidente descolamento na aresta posterior da primeira protuberância, recolando-se na face superior da segunda protuberância, para descolar novamente na aresta posterior da segunda protuberância. Entre as duas protuberâncias observa-se a formação de uma bolha de recirculação relativamente estável. Outra região de recirculação ocorre atrás da segunda protuberância e o escoamento somente poderá se recolar em um ponto distante do canal fora da região com registro fotográfico. No espaço entre as duas protuberâncias, provavelmente duas regiões recirculantes contra rotativas devem ocorrer próximas das paredes. Entretanto o registro fotográfico dessas pequenas bolhas de recirculação de sentido de rotação oposto à bolha recirculante principal torna-se, evidentemente, uma operação complexa, dado às pequenas dimensões dos modelos de testes. Com o crescimento do número de Reynolds observa-se o crescimento do comprimento da bolha recirculante existente após a segunda protuberância, como registrado na Figura 3(c), ($Re = 100$), que se mantém razoavelmente estável. O descolamento sobre a primeira protuberância permanece ocorrendo na aresta posterior.

Para Reynolds igual a 268, Figura 3(d), o descolamento na primeira protuberância ocorre na aresta anterior e o recolamento se dá na face superior da segunda protuberância, para descolar novamente na aresta posterior da segunda protuberância, formando uma região recirculante com instabilidades bastante pronunciadas. Observa-se que na face superior da primeira protuberância ocorre nitidamente uma recirculação que se junta à recirculação existente no espaço entre as protuberâncias.

Para Reynolds igual a 336, Figura 3(e), as perturbações provocadas no descolamento na face anterior da primeira protuberância aumentaram a sua amplitude e agora chocam-se contra a aresta anterior da segunda protuberância, produzindo injeções de massa periódicas no interior da bolha de recirculação existente entre as duas protuberâncias e provocando sensíveis alterações na dinâmica da bolha recirculante. Em decorrência da equação da continuidade, a injeção de massa para o interior da bolha recirculante existente entre as duas protuberâncias provoca a ejeção de massa da zona de recirculação. Essa ejeção de massa é visível na face superior da segunda protuberância e o aumento das instabilidades também é perceptível na região de recirculação atrás da segunda protuberância. As instabilidades tendem a se amplificarem como se observa na Figura 3(f) para Reynolds igual a 416.

Com o aumento do número de Reynolds, como na Figura 3(g) para Reynolds igual a 742, nota-se que a frequência das instabilidades aumenta significativamente, pois observa-se na imagem a diminuição do comprimento de onda das instabilidades.

Com Reynolds igual a 903, Figura 3(h), o processo de injeção de massa para a zona de recirculação, existente entre as duas protuberâncias, produz uma estrutura turbilhonar característica na forma de catraca giratória.

6. AGRADECIMENTOS

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

7. CONCLUSÃO

As protuberâncias na parede no interior do canal alteram significativamente o escoamento produzindo uma esteira turbulenta com sensível alteração dos coeficientes de troca térmica e no arrasto. Dessa forma, esse tipo de escoamento apresenta importantes aplicações envolvendo o projeto de turbo máquinas ou até mesmo arrefecimento de componentes eletrônicos.

No presente trabalho um estudo do escoamento no interior de um canal com duas protuberâncias na parede, foi realizado utilizando ferramentas experimentais para visualização de escoamentos, permitindo identificar diferentes

estruturas topológicas do mesmo.

- [1] H. S. Onur and E. Baydar, "Laminar Channel Flow Over a Square Step", Int. J. Eng. Sci. Vol. 30, Nº 9, pp. 1109-1116, 1992.
- [2] Lohász *et al*, "LES Simulation Of Ribbed Square Duct Flow With Fluent And Comparison With PIV Data", The 12th International Conference on Fluid Flow Technologies Budapest, Hungary, September 3 - 6, 2003.
- [3] O. V. Tovbich, "Experimental Study of the structure of Flow Over a Ribbed Wall", Fluid Mechanics reseach, Vol. 21, Nº. 2, March-April 1992
- [4] Patankar e Spaldin (1972) "Heat and Mass Transfer in Boundary Layers"
- [5] R.A. Bassan, S.S. Mansur & Vieira, E.D.R., "Rebuilt of a Vertical Hydrodynamic Tunnel", 21st Brazilian Congress of Mechanical Engineering, 24 a 28 de outubro de 2011, Natal, RN.
- [6] R. Martinuzzi and C. Tropea, "The Flow Around Surface-Mounted, Prismatic Obstacles Placed in a Fully Developed Channel Flow", Journal of Fluid Engineering, March 1993, Vol. 115, pp 85-92.