

VISUALIZAÇÃO DE ESCOAMENTO EM UM CANAL COM TRÊS PROTUBERÂNCIAS PARIETAIS QUADRADAS

*Rodrigo Augusto Bassan; Felipe Pamplona Mariano; Odenir de Almeida; Edson Del Rio Vieira;
Sergio Said mansur*

Resumo: A Visualização de escoamento tem sido uma valiosa ferramenta para compreensão do comportamento dos fluidos. Dessa forma a presente pesquisa utilizou técnicas experimentais para gerar informações qualitativas quanto ao comportamento de um fluido escoando em um canal retangular com três protuberâncias quadradas em uma das paredes internas.

Palavras-Chave: Visualização de escoamento, túnel hidrodinâmico vertical e injeção de corante.

1. INTRODUÇÃO

O estudo acerca dos complexos fenômenos associados ao movimento dos fluidos desperta a atenção dos pesquisadores a muitos séculos. Dessa forma, a busca por ferramentas de análise se faz absolutamente necessária.

A maior parte desse esforço era experimental, entretanto os estudiosos dirigiram também suas pesquisas a encontrar soluções matemáticas para os movimentos dos fluidos, uma consequência dessa atitude foram as equações de Navier-Stokes, que permitem obter soluções analíticas de alguns casos. Mas, foi a partir de métodos numéricos (CFD – *Computational Fluids Dynamics*) que se tornou possível obter soluções para problemas mais complexos.

Apesar de sua importância em diversas situações de engenharia, trabalhos referentes a escoamentos em canais com protuberância parietais, são poucos encontrados na literatura, principalmente para números de Reynolds moderados.

No trabalho de Tovbich [1] foi desenvolvido experimentos para a visualização de escoamento em um canal contendo um obstáculo retangular junto á parede utilizando corantes, pó de alumínio e fotografia, para obtenção de imagens do escoamento. Os resultados apresentam em todos os casos avaliados estruturas vorticais devido à presença da protuberância disposta na parede.

Martinuzzi & Tropea [2] realizaram testes em um canal com obstáculos prismáticos de seção transversal retangular, variando o comprimento característico dos corpos. As técnicas empregadas foram: lâmina de laser, filme de óleo, cristal violeta, e ainda injeção de fumaça. Nesse esforço de trabalho, fica evidente a diferença entre o escoamento bidimensional e tridimensional ao redor do obstáculo sólido.

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.

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.

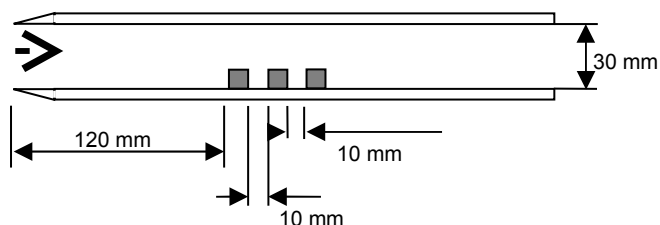


Figura 01. Canal retangular com protuberâncias – geometria do problema estudado

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 146×146×500 mm, adicionalmente no centro desta seção encontra-se inserido o canal em estudo medindo 146×30×340 mm e a protuberância com as seguintes dimensões 146×10×10 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.

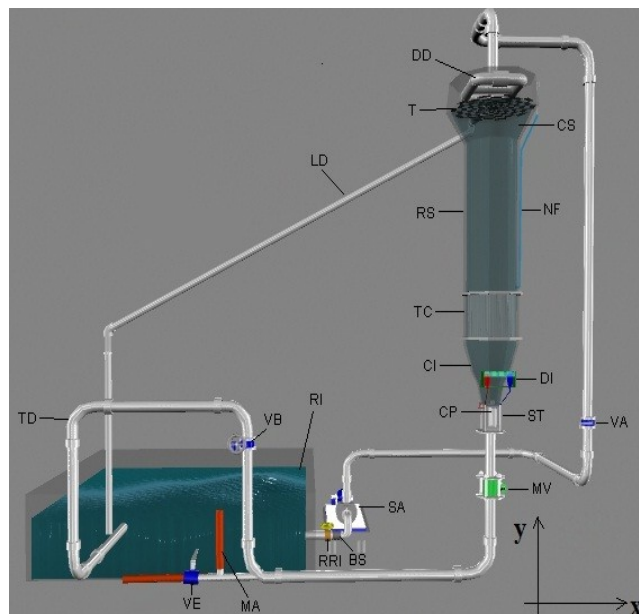


Figura 2. Ilustração do túnel hidrodinâmico vertical

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: 5; 66; 82; 160; 334; 413; 498 e 817.

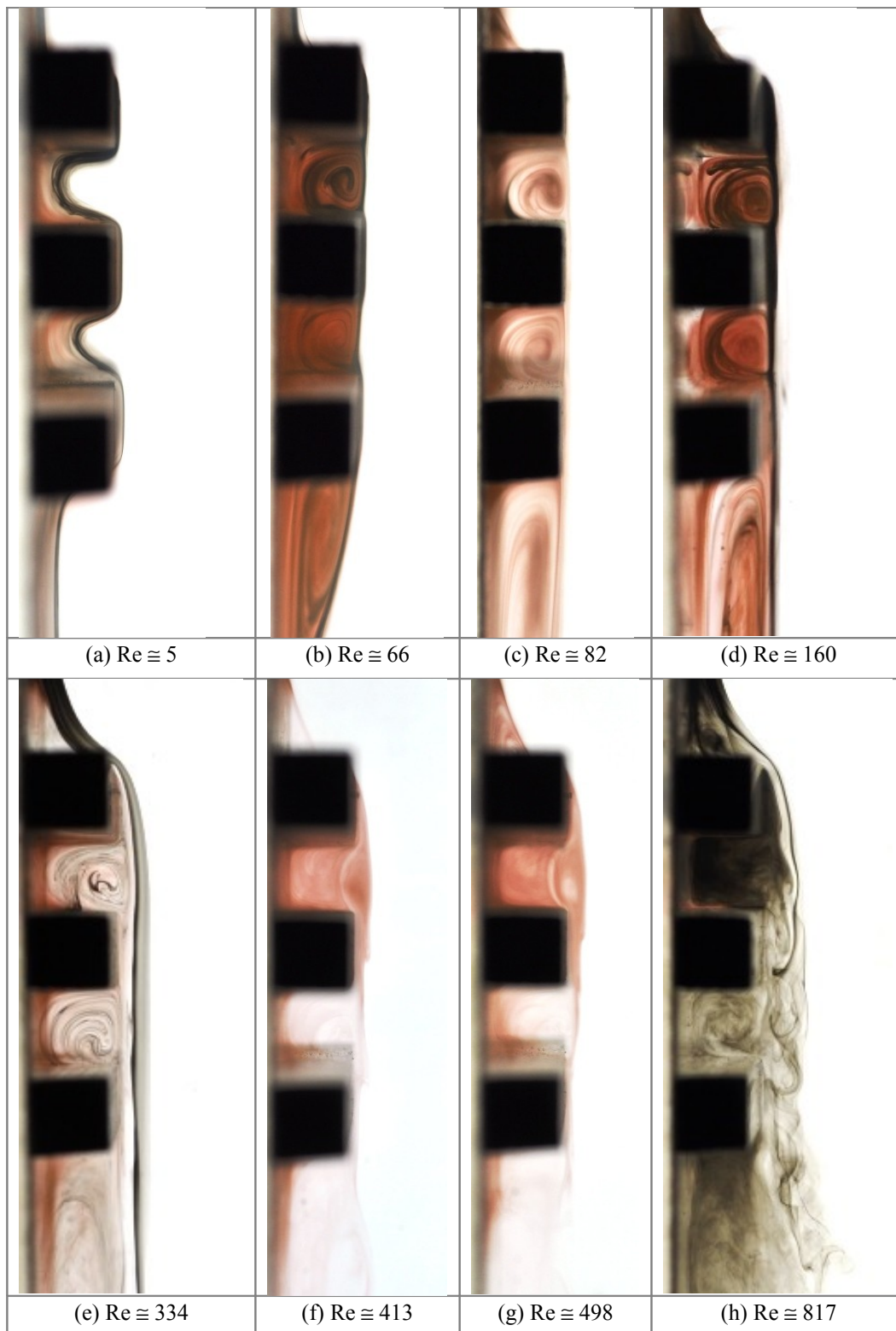


Figura 03. Resultado experimental e numérico para $Re = 0,3$

5. DISCUSSÃO

A Fig. 03(a), ($Re \cong 5$), mostra o escoamento com número de Reynolds relativamente baixo para o qual o corante praticamente acompanha o contorno das protuberâncias. Entretanto, para ($Re \cong 66$), Fig. 03(b) mostra uma imagem detalhada da zona de recirculação entre as cavidades existentes entre as protuberâncias e, como se observa, o corante sofre descolamento na aresta posterior das protuberâncias, mas recolhe-se facilmente na face superior da aresta seguinte.

Observa-se ainda detalhes da região recirculante existente entre as protuberâncias – Fig. 03(c), ($Re \cong 82$). Na Fig. 03(d), ($Re \cong 160$), para esse regime de escoamento, verifica-se como é relativamente grande a região de recirculação que ocorre a jusante da terceira protuberância que se estende, para fora do campo de visão da imagem, até os limites das paredes do canal. Também notam-se os primeiros indícios de um descolamento suave ocorrendo na aresta anterior da primeira protuberância.

Entretanto, para um Reynolds significativamente mais elevado, ($Re \cong 334$) Fig. 03(e) , observa-se uma mudança drástica na região recirculante existente após a terceira protuberância com a ocorrência de um processo turbulento deformando significativamente a bolha recirculante.

Na Fig. 03(f), ($Re \cong 413$), observa-se uma estrutura singular na forma lenticular ocorrendo acima da região delimitada pela primeira e segunda protuberância. A estrutura pode também ser observada na Fig. 03(g) para Reynolds igual a 498. Trata-se de uma estrutura de interesse de estudo, dada a sua forma única e a sua posição. Nesse caso, a disponibilidade de instalações de grande porte que acomodem modelos de grandes dimensões facilitaria a visualização de detalhes finos do escoamento e a compreensão dessa topologia. As sucessivas observações desse fenômeno permitem relatar que a linha branca que contorna a formação lenticular em sua parte próxima as protuberâncias é formada por fluido de trabalho sem corante, portanto de água limpa, que é proveniente do espaço entre a segunda e a terceira protuberância. Portanto, a formação lenticular é causada pelo descolamento que ocorre na aresta anterior da primeira protuberância.

Na Fig. 03(h) para Reynolds igual a 817, os fortes efeitos difusivos evidenciam-se imagem dificultando a captura de uma imagem nítida com a técnica de visualização empregada.

6. CONCLUSÕES

A protuberância na parede no interior do canal altera 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 três protuberâncias na parede, foi realizado utilizando ferramentas experimentais para visualização de escoamentos, permitindo identificar diferentes estruturas topológicas do mesmo.

AGRADECIMENTOS

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [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 research, 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.