

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DO CAMPO DE VELOCIDADE EM DIFUSORES RADIAIS

Maurício P. Giovanela

POLO – Laboratórios de Pesquisa em Refrigeração e Termofísica
Departamento de Engenharia Mecânica
Universidade Federal de Santa Catarina
mauricio@polo.ufsc.br

César J. Deschamps

Departamento de Engenharia Mecânica
Universidade Federal de Santa Catarina
deschamps@polo.ufsc.br

Resumo. O trabalho apresenta uma caracterização experimental do escoamento em difusores radiais, complementada por resultados numéricos. Esta classe de escoamento tem atraído a atenção de diversos pesquisadores devido à presença de um número de fenômenos fundamentais, associados a regiões de estagnação, separação, recirculação e reatamento. Medições do campo de velocidade mostraram que o escoamento é marcado pela presença de uma grande região de separação na entrada do difusor, a qual permite explicar a assimetria do perfil de velocidade na saída do difusor e também discutir um processo de instabilidade originado pela presença de vórtices junto às paredes. Além de permitir uma análise do escoamento em difusores radiais, os dados experimentais fornecidos são também úteis para a validação de metodologias numéricas desenvolvidas para a solução de escoamentos turbulentos.

Palavras chave: difusor radial, turbulência, laminarização, válvulas.

1. Introdução

Além de sua relevância tecnológica, o escoamento em difusores radiais apresenta uma série de fenômenos fundamentais da mecânica dos fluidos, incluindo regiões de estagnação, gradientes adversos de pressão, separação, linhas de corrente curvas e laminarização. O difusor radial é formado por dois discos paralelos e o escoamento é suprido através de um orifício central de diâmetro d localizado no disco anterior. Após ser defletido pelo disco frontal de diâmetro D , o fluido escoar entre as superfícies dos dois discos. A Fig. 1 apresenta diferentes padrões de escoamento possíveis de serem encontrados em difusores radiais, e a correspondente distribuição de pressão sobre o disco frontal, de acordo com o afastamento s/d entre os discos, mas mantendo a vazão e a relação de diâmetros D/d ($= 3.0$) constante. Para pequenos valores de afastamentos, s/d , e números de Reynolds, Re ($= U_{in}d/\nu$), o escoamento é laminar e variação de pressão ao longo do difusor decorre essencialmente da ação viscosa. Aumentando a vazão, o número de Reynolds na entrada pode exceder um certo valor crítico e o regime turbulento ocorrerá na região entre os discos. Nessa condição pode haver uma transição reversa do regime turbulento para o laminar, uma vez que a velocidade decai no difusor com a posição radial. Se os níveis de velocidade forem suficientemente elevados, o escoamento será completamente turbulento e os termos de inércia tornam-se dominantes sobre os termos viscosos na determinação da distribuição de pressão sobre, e a pressão aumentará com a posição radial. À medida que o afastamento entre os discos é aumentado, o escoamento eventualmente separará na entrada do difusor e reatará a jusante, formando uma região de recirculação anular. Finalmente, se o afastamento é aumentado ainda mais, a região de recirculação aumentará até que, a partir de um certo ponto, deixará de reatar e o escoamento ocorrerá na forma de um jato sobre o disco frontal.

Moller (1963) foi o primeiro pesquisador a realizar extensivas medições de perfis de velocidade média para o escoamento turbulento em difusores radiais, utilizando tubos de Pitot, e sugeriu um processo de laminarização evidenciado pelo aumento de espessura da subcamada limite viscosa. Experimentos de Bakke & Kreith (1969) mostraram que a laminarização não chega efetivamente a acontecer em sua totalidade, com a produção de energia cinética turbulenta de fato aumentando na direção radial. Apesar disto, ponderaram que não se pode atribuir a este termo a manutenção do regime turbulento, uma vez que em muitos casos o mesmo é pequeno quando comparado ao mecanismo de dissipação.

Linhas de corrente do escoamento em difusores radiais foram obtidas pela primeira vez por Marple et al. (1974) através de uma técnica eletrolítica de visualização, para efeito de validação da solução numérica sob duas condições de vazão ($Re = 700$ e 2.300). Por outro lado, Böswirth (1982) forneceu uma descrição básica dos principais fenômenos físicos em difusores radiais, empregando um modelo ampliado em um túnel de fumaça, incluindo detalhes sobre o padrão de separação do escoamento, a formação de esteiras e a estagnação do escoamento junto ao disco frontal. Posteriormente, Böswirth (1986) complementou sua investigação com medições de velocidade junto às paredes do orifício de passagem e do disco frontal, bem como em duas seções transversais do jato formado na saída do difusor.

Ferreira e Driessen (1986) realizaram medições da distribuição de pressão sobre o disco frontal e, com o auxílio dos resultados de Böswirth (1982), apresentaram uma caracterização do escoamento em função do afastamento, conforme ilustrado na Fig. 1 para uma relação de diâmetros $D/d = 3,0$. Conforme indicado pelos autores, o afastamento entre os discos tem um papel extremamente importante na configuração do escoamento.

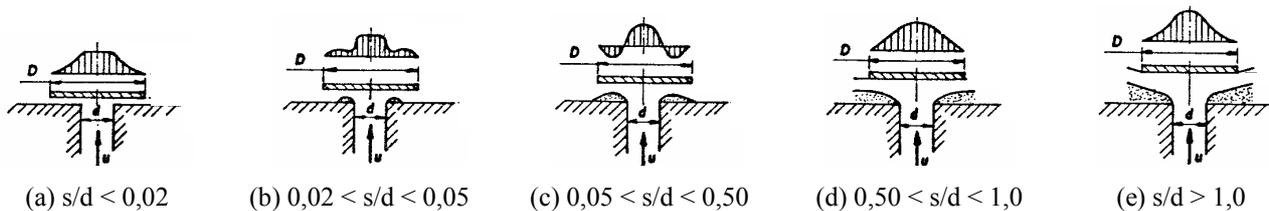


Figura 1. Distribuição de pressão sobre o disco frontal de acordo com o afastamento entre os discos; adaptado de (Ferreira e Driessen, 1986).

Tabatabai e Pollard (1987) analisaram experimentalmente o escoamento turbulento em um difusor radial, com ênfase no mecanismo do decaimento da turbulência, considerando uma relação de diâmetros ($D/d \cong 10$) e um afastamento ($s/d \cong 0,08$). Observaram que para números de Reynolds elevados ($Re > 100.000$) o comportamento do escoamento é similar ao escoamento turbulento plenamente desenvolvido em canais. Para números de Reynolds menores ($Re < 30.000$), constataram que a turbulência decai à medida que o escoamento progride ao longo do difusor, tornando o perfil de velocidade semelhante àquele do regime laminar. Concluíram que o decaimento da turbulência é lento em função do mecanismo de geração da turbulência se manter mesmo para números de Reynolds reduzidos. Os resultados mostraram a condição de equilíbrio local para números de Reynolds elevados. Por outro lado, mostraram também que a condição de equilíbrio era destruída à medida que a espessura da subcamada limite viscosa aumentava em direção ao plano médio do afastamento entre os discos. Finalmente, verificaram que estruturas turbulentas de grandes escalas persistem no escoamento mesmo sob um processo de laminarização.

Ervin *et al.* (1989) empregaram a anemometria de fio quente para realizar medições de componentes axial e radial da velocidade instantânea do escoamento, para uma relação de diâmetros ($D/d \cong 9$) e um afastamento ($s/d = 0,122$). A partir dos dados foram então obtidos diversos parâmetros do escoamento (perfis de velocidade média, tensões de Reynolds, intensidade da turbulência, entre outros). Observaram que a hipótese de perfil universal de velocidade não é adequada para a região de entrada do escoamento, mas que é satisfatória em regiões mais afastadas ao longo do difusor. Além disto, verificaram que a intensidade da turbulência é bem elevada na saída do difusor, mesmo nas situações onde as tensões cisalhantes de Reynolds são de magnitudes praticamente desprezíveis.

Tramschek e Nasr (1992) realizaram medições de perfis de velocidade entre os discos de um difusor radial, empregando Anemometria Laser Doppler. Dados para a componente radial de velocidade, obtidos para afastamentos $s/d < 0,2$ e $D/d = 2,8$, demonstraram a extensão da região de separação formada na entrada do difusor ($r/d = 0,5$).

Myung e Lee (2002) empregaram a velocimetria por imagem de partículas (PIV) para visualizar o escoamento em um difusor radial, com $D/d = 1,25$, para dois afastamentos $s/d (= 0,15$ e $0,25)$. Embora de forma qualitativa, os resultados mostram o aumento do tamanho da região de recirculação com o afastamento entre os discos.

Souto e Deschamps (2002) investigaram experimentalmente o escoamento em difusores radiais, apresentando dados de perfis de velocidade média e de tensões normais turbulentas na saída do difusor. Os autores apresentaram resultados numéricos, obtidos com a metodologia desenvolvida por Salinas *et al.* (1999), e mostraram uma boa concordância dos mesmos com dados experimentais de velocidade média e tensões turbulentas.

Da revisão de investigações realizadas em difusores radiais, fica evidente que a maioria utilizou técnicas de medições locais, tais como anemometria de fio quente e velocimetria laser Doppler, para fornecer dados de velocidade em pontos de interesse do escoamento. Dados foram fornecidos em função do tempo e permitiram a determinação de diversas correlações baseadas em uma média temporal. O objetivo deste trabalho é a caracterização do campo de velocidade em difusores radiais, através da velocimetria por imagem de partículas (PIV). Uma outra finalidade é o fornecimento de dados para a validação de metodologias numéricas, especialmente aquelas destinadas à modelação de escoamentos turbulentos.

2. Bancada experimental

Conforme ilustrado na Fig. 2a, a bancada experimental é formada por três reservatórios de ar comprimido, com elementos de controle de pressão, umidade e impurezas. Um medidor de vazão, construído de acordo com a norma British Standard 1042 (1989), é posicionado entre dois tubos de alumínio com diâmetro interno de 34,9 mm e comprimento de 2 m. A seção de testes é composta por um difusor radial e um sistema de alta precisão para o posicionamento do disco frontal, conforme ilustrado na Fig. 2b. O diâmetro dos discos anterior e frontal é igual a 104,7 mm, enquanto o diâmetro do orifício de passagem, d , é igual a 39 mm. Desta forma a relação entre os diâmetros do disco frontal e do orifício de passagem, D/d , é igual 3.

No experimento são necessárias medições de temperatura, pressão e velocidade. A temperatura foi medida com o emprego de um termopar tipo T, enquanto que os valores de pressão manométrica referentes à placa de orifício foram obtidos com transdutores indutivos da HBM, modelo PD1, calibrados através de um manômetro de coluna de água em “U”. Um barômetro de mercúrio foi utilizado para determinar a pressão atmosférica.

Para a aquisição de dados e controle da bancada foi desenvolvido um programa computacional com auxílio da plataforma LabView v. 6i (National Instruments, 2000).

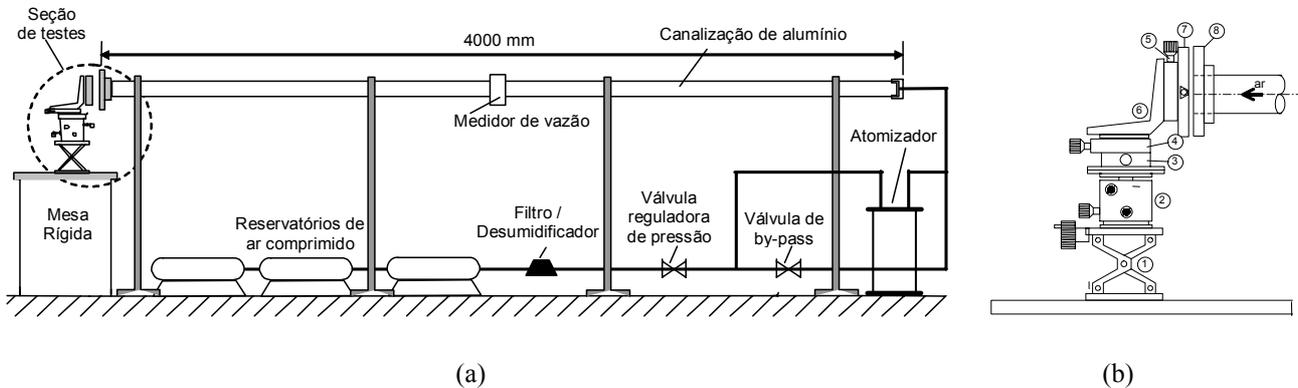


Figura 2. Bancada experimental (a) e seção de teste (b).

O sistema PIV é composto de dois lasers Nd:Yag independentes, uma câmera digital de 8 bit com uma resolução de 1008 x 1018 pixels, um sincronizador e uma unidade para controlar todo o sistema e processar os sinais. Uma vez que a velocidade do escoamento é medida indiretamente através da medição da velocidade de partículas adicionadas ao escoamento, um gerador de partículas também é necessário. As partículas devem seguir perfeitamente o escoamento e isto requer que seus diâmetros sejam extremamente pequenos; neste trabalho da ordem de 1 μm . As partículas espalham muito pouco a luz e, portanto, lasers pulsados de potência elevada são essenciais para a iluminação das pequenas partículas imersas no escoamento.

O procedimento de medição consiste em formar imagens das partículas suspensas no escoamento sob investigação, iluminando-as com uma lâmina de laser pulsado orientada na direção normal ao eixo de uma câmera fotográfica, como pode ser observado na Fig. 3(a). A câmera registra as posições das partículas no escoamento, as quais são iluminadas com dois pulsos de luz separadas por um intervalo muito pequeno. Através da medição do deslocamento das partículas neste intervalo de tempo, representadas pelas imagens A e B na Fig. 4, o vetor velocidade local pode ser estimado. No sistema empregado neste trabalho, cada laser possui um pulso de energia máximo de 100 mJ, comprimento de onda de 532 nm (espectro verde), e são capazes de operar com uma frequência de 15 Hz. Para permitir o registro de duas imagens em uma sucessão rápida, a câmera deve estar perfeitamente sincronizada com o laser.

A quantidade de partículas de óleo no escoamento, a potência do laser e a defasagem entre os disparos dos dois lasers foram ajustadas de acordo com a condição de escoamento. Este é um aspecto do procedimento experimental pois afeta a precisão dos resultados. Para as medições realizadas, a defasagem foi ajustada entre 5 e 30 μs , de acordo com a magnitude da velocidade, de tal forma a garantir que o deslocamento das partículas não fossem maior do que 4 pixels na imagem, onde a relação entre deslocamento e pixel é dada por $M = 45,87 \mu\text{m}/\text{pixel}$.

O processamento das imagens é baseado em uma análise de correlação cruzada aplicada em subáreas de 16^2 pixel, sobrepostas em 50% (8 pixels). Assume-se que se essas áreas forem suficientemente pequenas, o deslocamento relativo entre as partículas de uma área entre as imagens A e B é muito pequeno. Baseando-se nesse princípio, utilizam-se softwares de correlação cruzada para procurar na segunda imagem (B) um padrão de partículas existente em uma subárea da primeira imagem (A), conforme ilustrado na Fig. 4. Para que a correlação cruzada forneça resultados precisos é recomendável que existam pelo menos 10 partículas em cada uma dessas subáreas. Além disto, é importante que o deslocamento das partículas entre a imagem A e a imagem B, defasadas de um intervalo de tempo dT , não supere 25% do comprimento referente a aresta da subárea, no presente caso sendo equivalente a 4 pixels. Como $M = 45,87 \mu\text{m}/\text{pixel}$, o deslocamento das partículas não deve ser, portanto, superior a 183,48 μm . Maiores detalhes da velocimetria por imagem de partículas podem ser encontrados em Azevedo e Almeida (2002).

3. Procedimento experimental

O ajuste do posicionamento do disco frontal é de fundamental importância na realização dos experimentos, devendo ser posicionado de maneira que fique o mais paralelo e concêntrico possível em relação ao disco anterior. Para o ajuste do paralelismo foi utilizada uma esfera de rolamento de $5,0029 \pm 0,0008$ mm de diâmetro colada a uma linha fina. Através de mesas de deslocamento micrométrico, a posição do disco é ajustada até que a esfera deslize suavemente entre os discos e com a mesma interferência ao longo de todo o difusor, determinando assim um afastamento conhecido.

A concentricidade do disco frontal em relação ao difusor é feita logo após o ajuste do paralelismo, levando-se em conta que os diâmetros dos discos anterior e frontal são iguais. Após essa etapa tem-se o disco frontal posicionado concêntrica e paralelamente com um afastamento conhecido, podendo movê-lo para qualquer outra posição através das mesas de deslocamento.

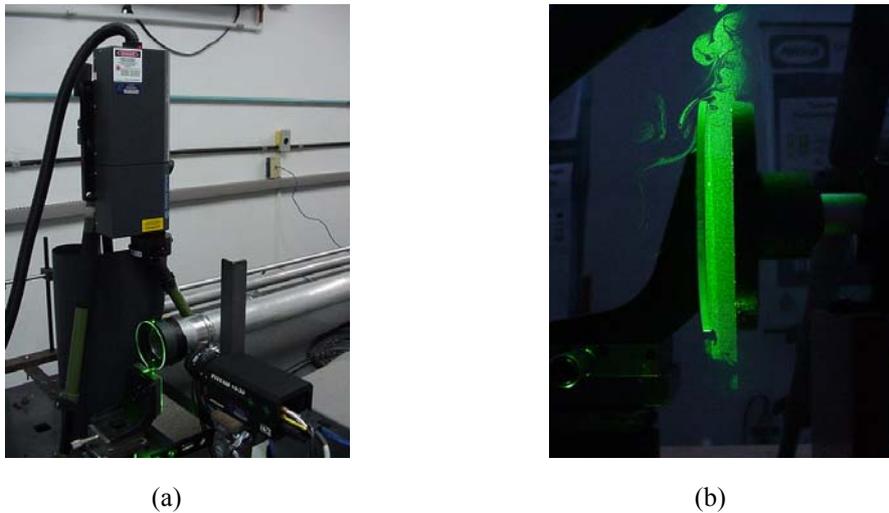


Figura 3. Sistema PIV (a) e seção de teste iluminada pelo laser (b).

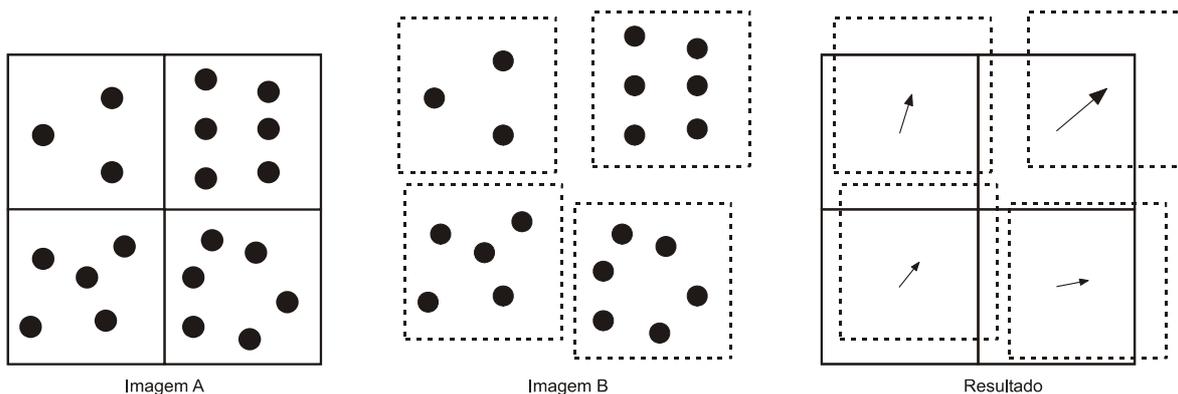


Figura 4. Processamento do campo de velocidade via PIV.

O PIV é posicionado visualmente com o auxílio de um medidor de nível, para garantir que o cabeçote do laser e a câmera não estejam inclinados. O foco da câmera é ajustado de forma a se obter a melhor nitidez da imagem no plano de medição e, então, obtém-se o fator de ampliação M . A quantidade de partículas, a intensidade do laser e o intervalo entre os disparos do laser são ajustados de forma iterativa. Assim, algumas medições são realizadas previamente de forma a obter a melhor regulagem do sistema. A quantidade de partículas é modificada utilizando-se uma válvula *bypass*, que altera a vazão de ar comprimido no atomizador. A defasagem de tempo entre os disparos dos lasers, ΔT , é selecionado em função da velocidade máxima atingida pelas partículas no difusor. Somente quando todos esses parâmetros foram ajustados é que o teste é realizado.

O sistema registrou imagens do escoamento saindo do orifício de passagem em dois afastamentos s/d ($= 0,10$ e $0,20$) uma condição número de Reynolds igual a 15.000 (6,45 m/s). As partículas traçadoras de $1 \mu\text{m}$ de diâmetro foram geradas através de atomizador de óleo de oliva pressurizado com ar comprimido. As imagens foram obtidas para a região do difusor radial, correspondente à região entre as superfícies dos discos anterior e frontal, usando uma lente 60mm/f2.8. Na presente investigação, a câmera registrou pares de imagens com uma frequência de 15 Hz durante um período de 4s, as quais foram então selecionadas, transferidas e armazenadas em um computador para processamento posterior. Os resultados a serem apresentados são, desta forma, a média das 60 medições.

4. Resultados

O escoamento foi investigado para um número de Reynolds ($Re = 15000$) e dois afastamentos adimensionais ($s/d = 0,10$ e $0,20$). Uma vez que o suprimento de ar para a seção de teste ocorre através de uma tubulação com uma relação comprimento/diâmetro de aproximadamente 60, o escoamento na entrada na região do orifício de passagem do difusor

pode ser assumido completamente desenvolvido. A Fig.5 apresenta os campos de vetores velocidade, obtidos na região do difusor entre os discos para os dois afastamentos investigados. Em cada uma das figuras indica-se a escala empregada para representar a magnitude do vetor velocidade. Devido à razão de aspecto entre o comprimento e a largura do difusor, o resultado para cada afastamento foi subdividido em duas regiões: a primeira compreendida entre a entrada do difusor até a posição radial $r = 35$ mm e, a segunda, de $r = 35$ mm até a saída do difusor.

Como pode ser observado, a separação do escoamento na entrada do difusor ($r \approx 17,5$ mm) ocorre em ambas as situações, sendo que a região de recirculação é bem maior no caso do maior afastamento. Esta diferença decorre do fato de que para $s/d = 0,20$ a transferência de quantidade de movimento na direção transversal do escoamento é menos efetiva. Desta forma, o déficit de quantidade de movimento junto à superfície do disco anterior é maior e a região de separação se estende até praticamente a saída do difusor. É interessante notar também os níveis levados de velocidade junto à superfície do disco frontal em $r \approx 17,5$ mm, decorrente da mudança brusca da direção do escoamento. Por outro lado, percebe-se claramente a ação viscosa na redução da velocidade junto à superfície do disco frontal a partir da entrada do difusor.

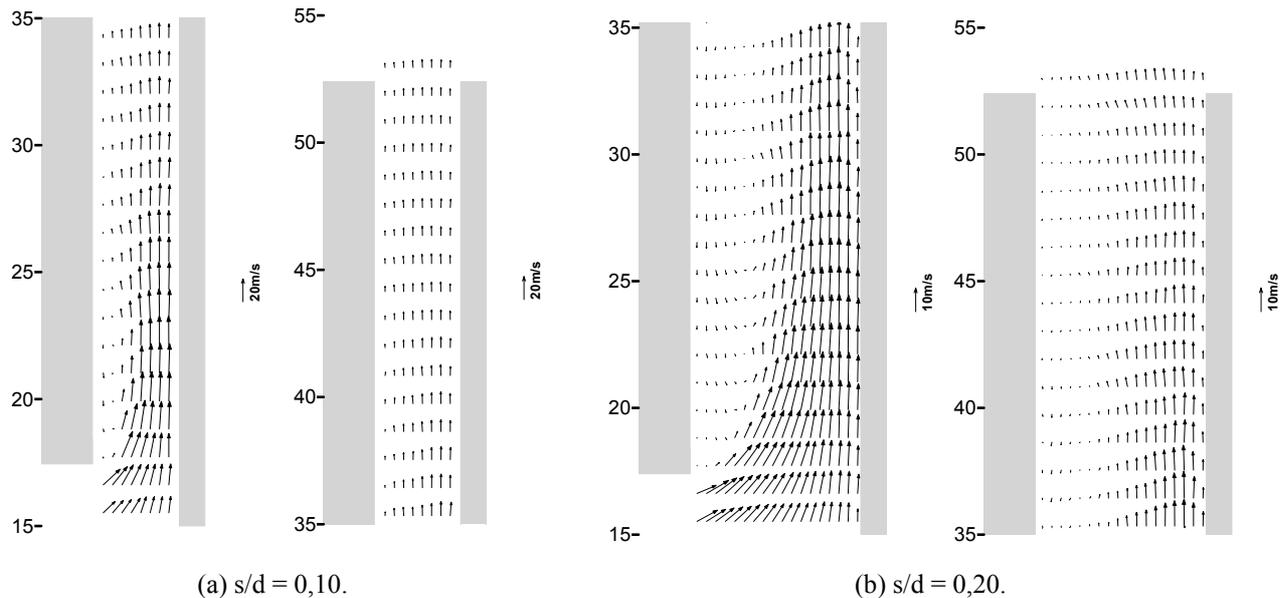


Figura 5. Vetores velocidade no difusor radial para $Re = 15.000$.

Perfis para a componente radial de velocidade $V^* (= V/U_{in})$ são apresentados a seguir para quatro posições radiais do difusor: (a) $r = 20$ mm; (b) $r = 25$ mm; (c) $r = 30$ mm; (d) $r = 52,35$ mm; esta última representando a saída do difusor. Para o afastamento $s/d = 0,10$, é incluído o perfil de velocidade na saída do difusor obtido experimentalmente por Souto e Deschamps (2004) através da anemometria de fio quente.

Para efeito de complementação da análise, além dos dados experimentais são apresentados também resultados numéricos do escoamento obtidos com o modelo de turbulência RNG k- ϵ . Este modelo tem sido usado na análise do escoamento em difusores radiais, com uma boa concordância entre resultados numéricos e experimentais para a distribuição de pressão sobre o disco frontal. Para informações detalhadas a respeito dos diversos parâmetros do procedimento de solução, bem como uma discussão sobre as condições de contorno das equações governantes, sugere-se o trabalho de Salinas-Casanova *et al.* (1999).

As regiões de recirculação evidenciadas na Fig. 5 aparecem também nas Figs. 6 e 7, com a região de fluxo reverso bem definida. Outro aspecto interessante é característica praticamente invíscida do escoamento na região central da entrada do difusor, a qual vai desaparecendo à medida que o escoamento progride ao longo do difusor, conforme pode ser observado nas posições subsequentes, $r = 25$ mm e 30 mm. A assimetria do perfil de velocidade na saída do difusor verificada para o menor afastamento ($s/d = 0,10$) é confirmada pelos dados de anemometria de fio quente e também pela previsão numérica.

O nível de concordância entre os resultados numérico e experimental é satisfatório, principalmente na entrada do difusor onde o efeito da separação do escoamento é mais intenso. No entanto, o desenvolvimento do escoamento ao longo do difusor previsto numericamente não corresponde perfeitamente aos dados experimentais. Isto pode visto através do exame das posições $r = 25$ mm e 30 mm para $s/d = 0,10$ e das posições $r = 30$ mm e $52,35$ mm para $s/d = 0,20$.

Visualizações do escoamento turbulento junto a superfícies sólidas (Kline *et al.*, 1967; Kim *et al.*, 1971) identificaram a presença de um processo de desprendimento repentino de vórtices na região próxima à parede. Tal processo é composto de três fases principais: i) ejeção de fluido com baixa quantidade de movimento da proximidade da parede; ii) rompimento da porção do escoamento ejetado em uma posição afastada da parede; iii) transporte de fluido

com alta quantidade de movimento para a região da parede. Em um número de Reynolds elevados, o transporte de fluido com baixa quantidade de movimento para regiões de velocidades elevadas afastadas da parede representa uma contribuição importante para a geração da turbulência. Tabatai e Pollard (1987) verificaram a persistência de estruturas de grande escala no escoamento em difusores radiais e argumentaram que elas são as responsáveis por manter a turbulência, mesmo em situações onde o perfil de velocidade se aproxima do formato laminar, sugerindo um processo de laminarização. Outros autores também observaram um fenômeno semelhante ao detectado por Tabatai e Pollard (1987). Por exemplo, Ervin *et al.* (1989) encontrou um padrão de instabilidade no escoamento, o qual foi associado principalmente à região de entrada do difusor, e também apontaram que o fenômeno se deve ao desprendimento de vórtices. A Fig. 8 apresenta resultados experimentais para campos instantâneos de velocidade, obtidos de quatro imagens consecutivas do sistema PIV. Fica evidente a presença de vórtices no escoamento e também a instabilidade da região de separação, marcada pela grande variação do campo de velocidade. Além disto, percebe-se também movimentos de porções de fluido com alta quantidade de movimento em direção à parede, conforme descrito por Kline *et al.* (1967) e Kim *et al.* (1971).

Um aspecto a ser investigado em trabalhos futuros é o efeito da relação entre os diâmetros do disco frontal e do orifício de passagem, D/d , sobre o escoamento. Com base nos resultados apresentados aqui, pode-se antecipar que, para valores menores de D/d , a região de recirculação se estenderá até fora do difusor. Por outro lado, para relações D/d elevadas, a desaceleração do escoamento devido ao aumento da área com o raio pode fazer surgir o processo de laminarização mencionado por Tabatai e Pollard (1987) e Ervin *et al.* (1989).

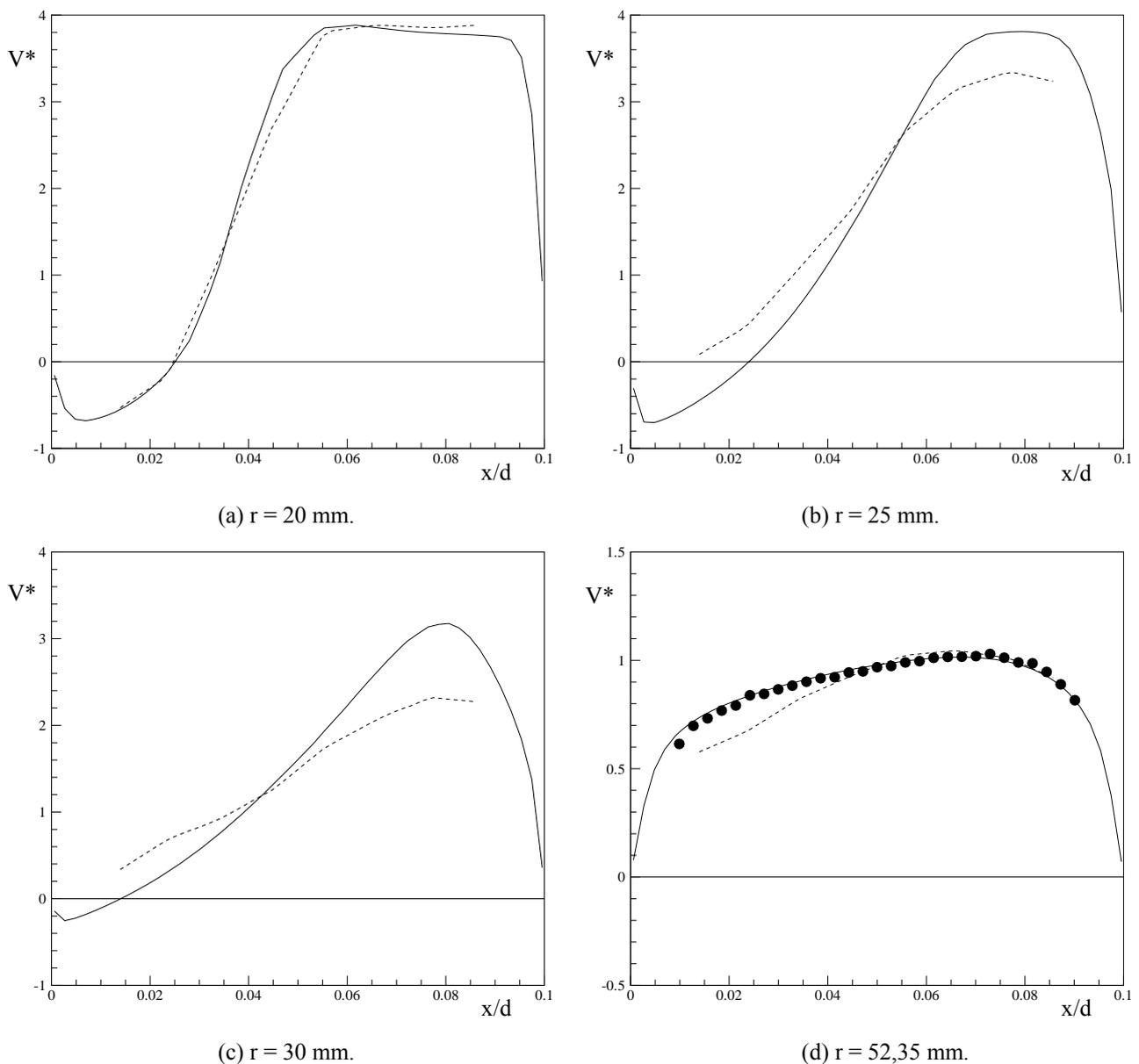
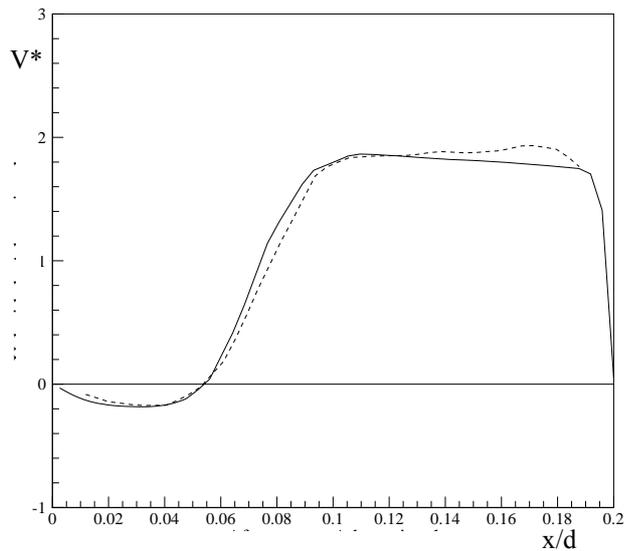
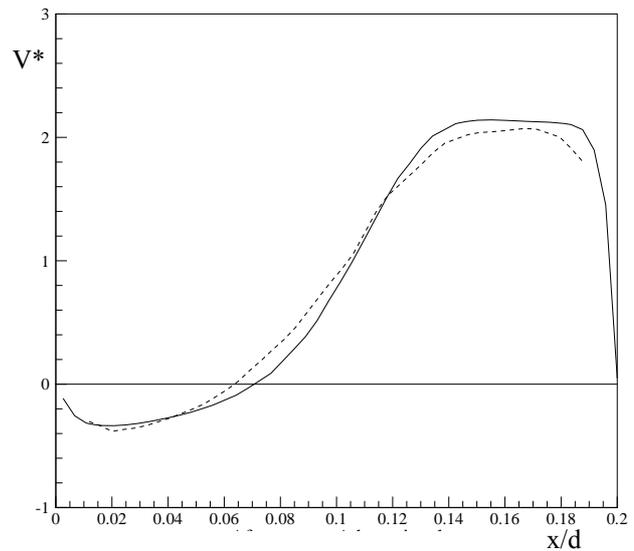


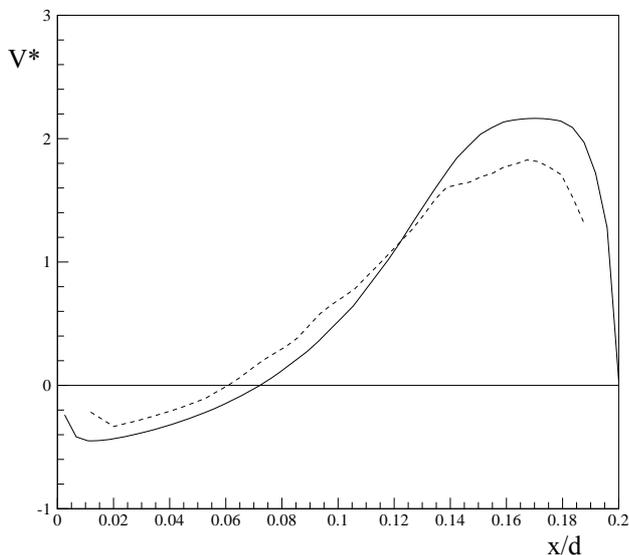
Figura 6. Perfis para a componente radial de velocidade V^* ($= V/U_{in}$); s/d 0,10.
 — Resultado numérico; ---- Dado exp. PIV; ● Dado exp. (HWA).



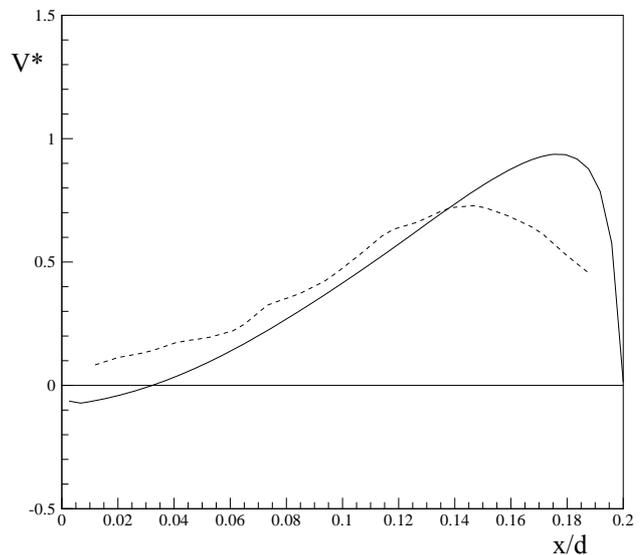
(a) $r = 20$ mm.



(b) $r = 25$ mm.



(c) $r = 30$ mm.



(d) $r = 52,35$ mm.

Figura 7. Perfis para a componente radial de velocidade V^* ($= V/U_{in}$); s/d 0,20.
 — Resultado numérico; ---- Dado exp. PIV.

5. Conclusões

O presente trabalho apresentou uma investigação experimental do escoamento em difusores radiais através da velocimetria por imagem de partículas. A análise dos resultados é complementada com perfis de velocidade obtidos via anemometria de fio quente e previsões numéricas. Esta classe de escoamento tem atraído a atenção de diversos pesquisadores devido à presença de alguns fenômenos fundamentais da mecânica dos fluidos, tais como regiões de estagnação, separação, recirculação e reatamento. Medições do campo de velocidade do escoamento revelaram a presença de uma região de separação significativa sobre a superfície do disco anterior, a qual gera uma assimetria no perfil de velocidade na saída do difusor. Além de sua importância no entendimento do escoamento, os dados experimentais obtidos na presente investigação são úteis também para a validação de metodologias numéricas desenvolvidas para a modelação de escoamentos turbulentos. Uma etapa futura considerará o efeito da relação entre os diâmetros do disco frontal e do orifício de passagem, bem como a possibilidade da ocorrência de um processo de laminarização do escoamento em vazões mais baixas, originada pela redução da velocidade local com o aumento da área de passagem no difusor.

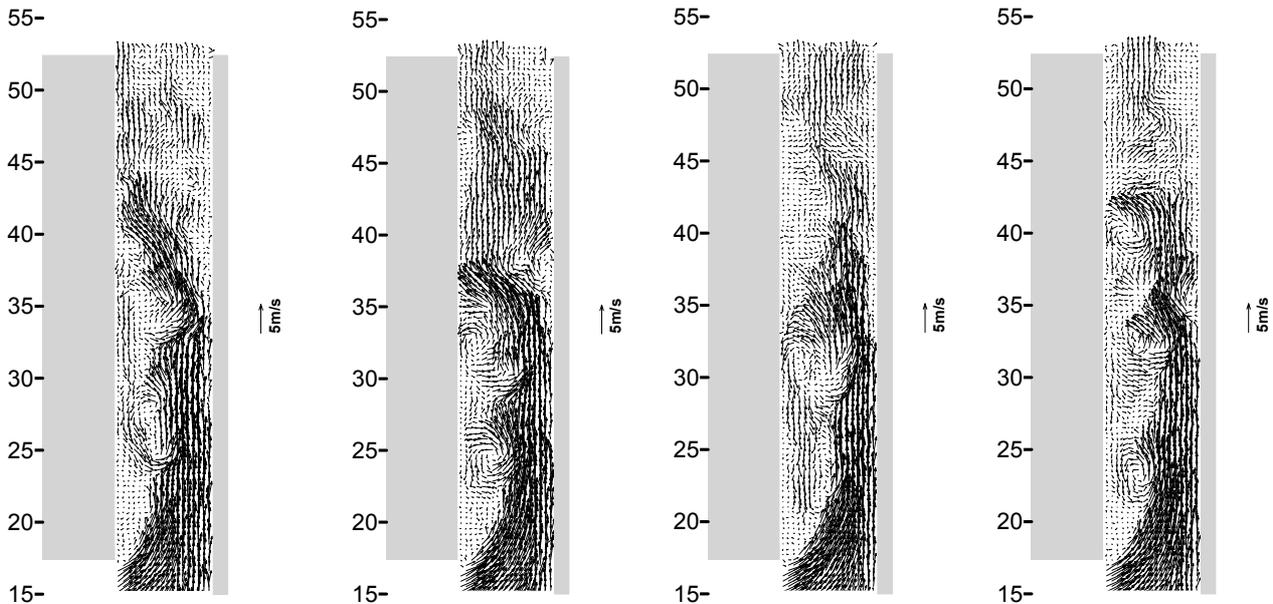


Figura 8. Imagens consecutivas do campo instantâneo de velocidade: $s/d = 0,10$.

6. Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio da Empresa Brasileira de Compressores S.A. (EMBRACO). Os autores agradecem também o auxílio do eng. Evandro L.L. Pereira na realização de simulações numéricas do escoamento e também na preparação do manuscrito.

7. Referências

- Bakke, E. e Kreith, F., 1969, "Inverse Transition in Radial Diffusers", ASME-AIChE Heat Transfer Conference, Minneapolis, USA, Paper 69-HT-33.
- Böswirth, L., 1982, "Theoretical and Experimental Study on Flow in Valve Channels – Part I", Proc. 5th Purdue Int. Compressors Technology Conference, West Lafayette, USA, pp. 38-45.
- Böswirth, L., 1986, "Valve Flow Experiments with Enlarged Models – Part I", Proc. 8th Purdue Int. Compressors Technology Conference, West Lafayette, USA, pp. 28-44.
- British Standard Institution, 1989, "Measurement of Fluid Flow in Closed Conduits", BS 1042, Section 1.2.
- Ervin, J.S., Suryanarayana, N.V., Chai Ng, H., 1989, "Radial Turbulent Flow of a Fluid Between Two Coaxial Disks", Journal of Fluids Engineering, vol. 111, pp. 378-383.
- Ferreira, R.T.S., Driessen, J.L., 1986, "Analysis of the Influence of Valve Geometric Parameters on the Effective Flow and Force Areas", 9th Purdue Int. Compressors Technology Conference, West Lafayette, USA, pp. 632-646.
- Kim, H.T., Kline, S.J., Reynolds, W.C., 1971, "The Production of Turbulence Near a Smooth Wall in a Turbulent Boundary Layer", J. Fluid Mechanics, v. 50, pp. 133-160.
- Kline, S.J., Reynolds, W.C., Schraub, F.A., Runstadler, P.W., 1967, "The Structure of Turbulent Boundary Layers", J. Fluid Mechanics, v. 30, pp. 741-774.
- Moller, P. S., 1963, "Radial Flow Without Swirl Between Parallel Discs", The Aeronautical Quarterly, pp. 163-186.
- Myung, H.J., Lee, I.S., 2000, "Investigation of the Discharge Flow of a Reciprocating Compressor using PIV, Proc. 11th Purdue Int. Compressors Technology Conference, West Lafayette, USA, pp. 391-396.
- National Instruments Inc., 2000, "LabView – User Manual", Part Number 320999C-01.
- Salinas-Casanova, D.A., Deschamps, C.J., Prata, A.T. 1999. Turbulent flow through a valve with inclined reeds. Proc. International Conference on Compressor and Their Systems, London, UK, pp. 443-452.
- Souto, L.M., Deschamps, C.J., 2002, "Investigação Experimental do Escoamento em Turbulento em Difusores Radiais", Proc. 9th Brazilian Congress of Thermal Engineering and Sciences, Caxambu - MG, 10 p.
- Tabatabai, M., Pollard, A., 1987, "Turbulence in Radial Flow Between Parallel Disks at Medium and Low Reynolds Numbers", J. Fluid Mech., vol. 185, pp. 483-502.
- Tramschek, A.B., Nasr, A., 1992, "CFD and LDA Studies of Flow Through a Plate Valve", Proc. 11th Purdue Int. Compressors Technology Conference, West Lafayette, USA, pp. 1227-1239.

EXPERIMENTAL CHARACTERIZATION OF VELOCITY FIELD IN RADIAL DIFFUSERS

Maurício P. Giovanela

POLO – Research Laboratories for Emerging Technologies in Cooling and Thermophysics

Department of Mechanical Engineering

Federal University of Santa Catarina

mauricio@polo.ufsc.br

Cesar J. Deschamps

Department of Mechanical Engineering

Federal University of Santa Catarina

deschamps@polo.ufsc.br

Abstract

The paper presented an experimental characterization of the flow through radial diffusers, complemented by numerical results. This class of flow has attracted the attention of several researchers because it contains a number of fundamental phenomena, associated to regions of stagnation, separation, recirculating and reattachment. Measurements of the velocity field showed the flow is mainly distinguished by the presence of a large separated flow region at the diffuser entrance, which affects the velocity profile at the diffuser exit. In addition to allowing the analysis of the radial diffuser flow, the experimental data made available herein are also useful to validate numerical methodologies developed to solve turbulent flows. A further step in the investigation will consider the different diameter ratios between the front disk and the feeding orifice, and the phenomenon of laminarization that occurs at lower mass flow rate.

Keywords: radial diffuser, particle image velocimetry, adverse pressure gradient, turbulence modeling.