

6

Procedimento Experimental

6.1. Medição com PIV

Para se obter imagens de qualidade e resultados confiáveis ao utilizar a técnica de velocimetria por imagem de partículas (PIV), é necessário fazer uma série de ajustes e tomar certos cuidados para garantir que todos os componentes da configuração experimental estejam perfeitamente alinhados.

O primeiro cuidado era posicionar a placa na distância desejada em relação ao tubo e verificar que tanto a placa quanto o tubo estavam nivelados, de forma que ficassem exatamente perpendiculares. Isto era feito com a utilização de um nível de bolha. O equipamento do laser era então posicionado em uma das laterais da câmara de testes, a uma determinada distância do eixo de simetria do tubo do jato. Esta distância focal depende da lente esférica que está sendo utilizada para controlar a espessura do plano de iluminação. Com a lente utilizada, a distância focal era de aproximadamente 830 mm, e este posicionamento garantia que na região a ser estudada a espessura do feixe era mínima e, portanto, a concentração de energia era máxima. Utilizou-se um equipamento da TSI, com laser Nd:YAG de dupla cavidade que proporciona um plano de luz pulsado com 120 mJ de energia.

Depois disso, a peça centralizadora descrita na seção 3.4.1 era inserida no tubo de forma que um fio ficasse esticado e exatamente coincidente com o eixo de simetria, com um peso preso à sua ponta. O plano de laser podia então ser posicionado precisamente no plano de interesse. Para que este alinhamento fosse completo, o equipamento deveria estar também cuidadosamente nivelado.

Um posicionamento preciso da câmera também é de fundamental importância. A câmera era fixada a uma mesa de coordenadas tridimensional da marca Velmex, com resolução de 0,01 mm no curso de cada direção, e o conjunto era colocado alinhado com a câmara de testes.

De acordo com a aproximação desejada, a câmera podia ser afastada ou aproximada da seção de testes, e então era preciso fazer a calibração, fundamental

para o cálculo do campo de velocidade posteriormente. Este procedimento consistia em posicionar uma régua exatamente no plano de interesse, de forma que, no modo livre de aquisição de imagem, uma parte de suas marcações pudesse ser visualizada. Desta forma, podia-se congelar a imagem e marcar o número de *pixels* que corresponde a uma determinada dimensão apontada pela régua na imagem. Com isso, obtinha-se uma informação crucial: o valor em micrometros de cada *pixel*. A Figura 6.1 mostra uma típica imagem do experimento que foi conduzido, correspondente a uma calibração de 47,8 $\mu\text{m}/\text{pixel}$.

Finalizada a calibração, podia-se então fechar as janelas da câmara de testes e ligar o inversor de frequência para assim dar início ao escoamento. Tendo em vista o número de Reynolds que foi utilizado em todos os experimentos, ajustava-se a frequência do inversor e a vazão era controlada no rotâmetro. A válvula que liberava ar comprimido era aberta de forma a colocar em funcionamento o gerador de partículas.

Com o software de aquisição de imagens aberto no computador, era possível ajustar o foco da câmera e a abertura da lente de forma que as partículas ficassem bem delineadas na imagem e que não houvesse superexposição.

Finalmente, para cada posição da câmera, 5 seqüências de 450 imagens eram capturadas. Não eram capturadas todas as imagens desejadas de uma só vez por restrições de memória RAM do computador. As imagens ficavam então armazenadas para que fosse feito o processamento posteriormente.

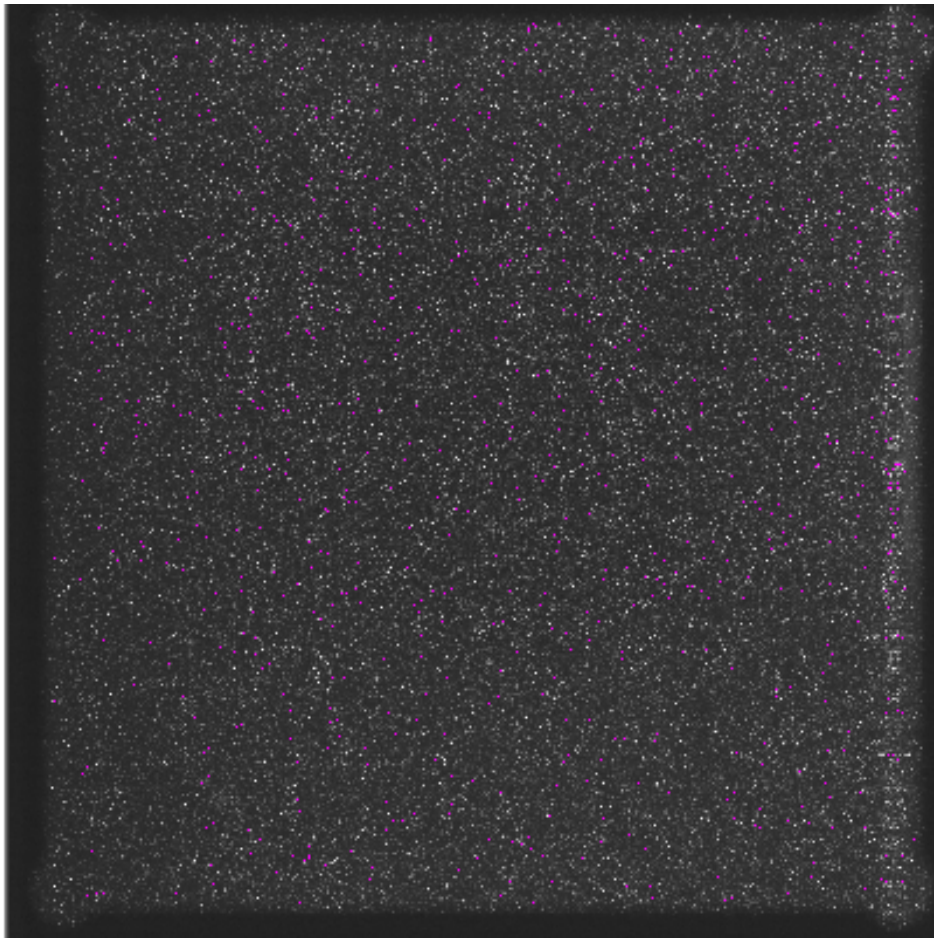


Figura 6.1 – Típica imagem das partículas em um experimento com PIV para um jato incidente

6.2. Medição com LDV

Para efetuar as medições de velocidade com a técnica LDV, é muito importante que o volume de medição esteja precisamente na posição que se deseja medir. A sonda do laser era fixada na mesma mesa de coordenadas que prendia a câmera quando se media com PIV. Para este procedimento, a peça centralizadora descrita na seção 3.4.1 foi utilizada. Com ela, o volume de medição era posicionado exatamente no eixo de simetria do escoamento. Marcava-se então as posições correspondentes na mesa de coordenadas. A posição na coordenada vertical podia ser controlada a partir da extremidade do tubo ou da superfície da placa, para a qual era atribuída uma determinada posição no eixo vertical da mesa de coordenadas.

Com a placa nivelada e posicionada na altura desejada, as medições eram iniciadas. O sistema de medição possuía dois canais, podendo assim medir duas

componentes de velocidade simultaneamente.

Em função dos níveis de turbulência encontrados em cada ponto, se ajustava o deslocamento de frequência (“*frequency shift*”) ideal para que as velocidades fossem medidas corretamente no ponto em questão.

A taxa de aquisição de dados (quantidade de valores de velocidade medidos por segundo) é variável, e o que se fazia era escolher um espaço de tempo fixo para a aquisição de dados em um ponto, em média 20 segundos. Nos pontos em que a taxa de aquisição era mais baixa, aumentava-se este tempo para que o tamanho da amostra continuasse grande o suficiente. A taxa de aquisição, que depende da densidade e homogeneidade de partículas no escoamento, chegava a valores bastante altos, de até 3000 dados por segundo.

O equipamento utilizado era da marca TSI Inc, com um sistema para medição simultânea de duas componentes de velocidade, que produzia um volume de medição com dimensões de 100 x 250 μm , com uma distância focal de 350 mm. A luz espalhada pelas partículas traçadoras era convertida em sinal elétrico e então processada por um processador de sinais IFA 750.

6.3. Medidas de Transferência de Calor

A preparação inicial do experimento para as medições de transferência de calor consistia em nivelar e centralizar a placa em relação ao tubo e ao seu eixo de simetria, com o auxílio da peça descrita na seção 3.4.2.

Depois que a placa estivesse devidamente posicionada, ligava-se a fonte de potência impondo a tensão e a corrente desejadas. Esta escolha era baseada na diferença de temperatura (entre a placa e o ambiente) mínima que estivesse sendo medida entre todos os termopares. Esta diferença deveria ser suficientemente grande para que não fosse da ordem das incertezas de medição.

Ligava-se então o inversor de frequência para iniciar o escoamento. Esperava-se o tempo suficiente para que fosse estabelecido um regime estatisticamente permanente e a aquisição de dados podia então ser iniciada. Em cada ponto, foram medidos 50 valores de temperatura, com um intervalo de dez segundos entre as aquisições. Para isto foi utilizado um sistema de aquisição modelo Agilent 34970A.

Os valores de temperatura eram arquivados em uma planilha onde eram

calculados os Números de Nusselt locais e preparados os gráficos em função da coordenada radial.